



HAL
open science

Schéma directeur d'assainissement des eaux usées de la CARENE, communauté d'agglomération de Saint Nazaire, Loire-Atlantique

Iris Tobelaim

► **To cite this version:**

Iris Tobelaim. Schéma directeur d'assainissement des eaux usées de la CARENE, communauté d'agglomération de Saint Nazaire, Loire-Atlantique. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2018. dumas-03550475

HAL Id: dumas-03550475

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03550475v1>

Submitted on 1 Feb 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Schéma Directeur d'Assainissement des
Eaux Usées de la CARENE,
Communauté d'Agglomération de Saint Nazaire,
Loire-Atlantique**

Mémoire présenté pour l'obtention du
diplôme d'ingénieur de l'ENGEES

Confidentiel jusqu'au 1 janvier 2020

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je souhaite remercier toute l'équipe du département Eau, Assainissement et Déchets d'ARTELIA Ville & Transport pour leur accueil pendant ces six mois de stage.

Plus particulièrement, je voudrais remercier M Samuel GALLIOT, le directeur du département, de m'avoir offert l'opportunité d'effectuer mon stage de fin d'étude au sein de cette entreprise. Je tiens également à remercier M Jean-Yves GONNORD, mon tuteur de stage, pour m'avoir suivie lors de cette étude et m'avoir fait profiter de ses connaissances et de son expérience. Je remercie aussi Mme Sandrine DUCEPT pour m'avoir soutenue tout au long du projet et M Thibault DESPLANQUES pour ses conseils sur la modélisation hydraulique et sur l'utilisation du logiciel CANOE. Enfin, je remercie les techniciens du service ayant participé à l'étude, notamment pour la collecte assidue des données nécessaires à l'élaboration des modèles.

Ce stage a été très formateur ; j'ai pu me rendre compte du fonctionnement d'une grande entreprise et de la gestion d'une étude avec ses différentes phases et ses difficultés, notamment au niveau de la communication et de la collecte des données.

Merci à tous !

RESUME

Schéma directeur d'assainissement des eaux usées de la CARENE, communauté d'agglomération de Saint-Nazaire, Loire-Atlantique

La communauté d'agglomération de Saint-Nazaire, situé à l'Ouest du département de Loire-Atlantique, est composée de dix communes. En cohérence avec les projets de développement et d'aménagements urbains, elle a fait appel au bureau d'étude ARTELIA Ville & Transport pour effectuer son schéma directeur d'assainissement des eaux usées. Cette étude permet de faire l'état des lieux des réseaux séparatifs existants et de préconiser des aménagements afin d'optimiser son fonctionnement à moyen et long terme en cohérence avec la réglementation en vigueur.

Les premières phases de l'étude sont abordées, avec une attention particulière portée aux déversements vers le milieu naturel. Une des attentes du maître d'ouvrage est la réalisation de deux modèles hydrauliques pour les réseaux des stations d'épuration Est et Ecozziernes. La conception du modèle concernant la station Est est présentée sur le logiciel CANOE.

Le contexte général de l'étude est tout d'abord exposé. Le territoire de l'agglomération est concerné par différents enjeux. La sensibilité des milieux récepteurs est mise en perspective avec l'état des masses d'eau et les nombreux usages présents. Les axes réglementaires soutenant le projet sont évoqués.

Par la suite, une étude diagnostic du réseau est menée à partir des données de métrologies disponibles. Cette phase permet de comprendre le comportement hydraulique du réseau. L'analyse des données sur les ouvrages de surverses met également en évidence les sites présentant de fréquents déversements vers les milieux récepteurs et nécessitant des aménagements.

La construction du modèle hydraulique de la station d'épuration Est est basé sur les données validées lors de la phase de diagnostic. L'étape de calage du modèle souligne la difficulté de représentation du phénomène de ressuyage. Enfin, les résultats des simulations sont comparés avec ceux du diagnostic pour les surverses. Les sites mis en évidence dans la phase précédente sont retrouvés. Le modèle sera utilisé par la suite pour simuler les aménagements envisagés sur ces sites.

ABSTRACT

Sanitation master plan for CARENE, urban community of Saint-Nazaire, Loire-Atlantique

Located in the west of the Loire-Atlantique department, the urban community of Saint-Nazaire is composed of ten towns. In accordance with urban development projects and the current regulation, the engineering office ARTELIA Ville & Transport was chosen to establish a sanitation master plan of the area. This study will be composed of an inventory of the current sewage system and will recommend adjustments in order to optimise its functioning in the medium and long term.

The first phases of the project are presented, with particular attention to discharges into the natural environment. One of the project owner's expectations is the realisation of two hydraulic models for the networks of East and Ecossiernes wastewater treatment plants. The model design for the sewage system of the wastewater treatment plant called Est is presented on the software CANOE.

First of all, the general context of the study is described. This part shows that the conurbation's territory is concerned by various issues. The sensitivity of the receiving environments is put into perspective with the status of water bodies and their uses for various activities. The regulatory framework supporting the project is mentioned.

Subsequently, a diagnostic study of the network is carried out on the basis of available metrological data. This phase clarifies the comprehension of the network hydraulic behaviour. Analysis of data on overflow structures also highlights sites with frequent spills to the natural environment. Those sites will require developments to ensure a reduction of discharges.

The construction of the hydraulic model of the East wastewater treatment plant is based on the data approved during the diagnostic phase. The model calibration highlights the difficulty of reproducing the groundwater-bleeding phenomenon. Finally, the simulation results are compared with those obtained from the overflow diagnostic. The sites identified in the previous phase have the same issues. In the next phase of the project, the model will be used to simulate the planned developments on these sites.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	6
GLOSSAIRE.....	7
LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS.....	8
LISTE DES FIGURES.....	8
LISTE DES TABLEAUX	9
INTRODUCTION	10
1. CONTEXTE DE L'ETUDE	11
1.1 Objectif de l'étude.....	11
1.2 Situation géographique.....	11
1.3 Caractéristiques climatiques générales.....	14
1.4 Contexte hydrographique	15
1.4.1 Hydrographie générale	15
1.4.2 Qualité des eaux.....	18
1.4.3 Usages du milieu	20
1.6 Contexte réglementaire.....	22
1.6.1 Arrêté du 21/07/2015 modifié par l'arrêté du 24/08/2017	22
1.6.2 SDAGE Loire Bretagne 2016-2021.....	24
1.6.3 SAGE Estuaire de la Loire	25
2. DIAGNOSTIC DES RESEAUX DE COLLECTE DES EAUX USEES	26
2.1. Analyse de la structure du réseau.....	26
2.2 Pré-traitement des données de métrologie.....	29
2.3 Détermination des eaux usées et des eaux parasites d'infiltration	29
2.4 Détermination des eaux de ressuyage.....	34
2.5 Détermination des eaux pluviales	36
2.6 Analyse des déversements	37
3. MODELISATION DU RESEAU DE COLLECTE DES EAUX USEES DE LA STATION D'EPURATION EST	39
3.1 Construction du modèle.....	39
3.1.1 Structure générale	39
3.1.2 Bassins versants.....	40
3.1.3 Ouvrages.....	44
3.1.4 Pluie de projet	45
3.1.5 Paramètres de modélisation	46
3.2 Calage du modèle.....	47
3.2.1 Analyse du modèle avant calage	47

3.2.2 Prise en compte du ressuyage dans les eaux pluviales.....	50
3.2.3 Prise en compte du ressuyage dans les eaux parasites.....	51
3.3 Analyse des résultats des simulations.....	51
CONCLUSION GENERALE	57
BIBLIOGRAPHIE	58
ANNEXES.....	59

GLOSSAIRE

DBO5 : La Demande Biochimique en Oxygène mesurée à 5 jours, correspond à un indice de pollution de l'eau qui traduit la teneur en matières organiques par la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de ces matières. Elle mesure la quantité de matière biodégradable contenue dans l'eau.

Déficit hydrique : Il exprime la différence cumulée entre l'évapotranspiration potentielle et les précipitations pendant une période où ces dernières sont inférieures.

Eaux claires parasites d'infiltration : Ce sont les eaux du sous-sol qui s'introduisent anormalement dans le réseau par le biais de défauts structurels (canalisations, regards, branchements,..).

Eaux pluviales : Ce sont les eaux de ruissellement résultant des précipitations atmosphériques. Elles s'introduisent dans les réseaux EU séparatifs par le biais de branchements non-conformes ou de regards de visite non étanches.

Eaux usées : Ce sont les eaux qui ont été utilisées par l'homme.

Equivalent-habitant : unité de mesure de pollution correspondant à la pollution rejetée en moyenne par un habitant en zone urbaine.

Eutrophisation : L'eutrophisation correspond à un phénomène de dégradation d'un environnement aquatique. Cette dégradation est provoquée par une augmentation des substances nutritives présentes.

Ressuyage de nappe : Ce phénomène se produit après les évènements pluvieux. En effet, ces évènements engendrent une recharge momentanée de la nappe qui, si elle atteint un niveau supérieur au niveau du réseau, peut être drainée par ce dernier. La nappe retrouve son niveau initial au bout de quelques jours et le phénomène disparaît.

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

ARS : Agence Régionale de Santé
CARENE : Communauté d'Agglomération de la REgion Nazairienne et de l'Estuaire
CLE : Commission Locale de l'Eau
DBO5 : Demande Biochimique en Oxygène mesurée à 5 jours
DCE : Directive Cadre sur l'Eau
E.H. : Equivalent-habitant
E.T.P. : Evapotranspiration potentielle
E.U. : Eaux usées
INSA : Institut National des Sciences Appliquées
SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SBVB : Syndicat du Bassin Versant du Brivet
SDA : Schéma Directeur d'Assainissement
SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SIG : Systèmes d'Information Géographique
STEP : Station d'épuration

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Présentation de l'aire d'étude de la CARENE (logiciel QGIS)	12
Figure 2 : Carte des masses d'eau de surface sur le territoire de la CARENE (logiciel QGIS)	16
Figure 3 : Carte des masses d'eau souterraines sur le territoire de la CARENE (logiciel QGIS) ..	17
Figure 4 : Carte des différents usages des milieux récepteurs de la CARENE (logiciel QGIS)	21
Figure 5 : Organigramme du réseau d'assainissement de la station d'épuration Est	27
Figure 6 : Organigramme du réseau d'assainissement de la station d'épuration Ecosnières	28
Figure 7 : Bilan hydraulique sur les communes de Saint-Joachim et Saint-Malo-de-Guersac	31
Figure 8 : Bilan hydraulique sur la commune de Montoir de Bretagne	32
Figure 9 : Bilan hydraulique sur la commune de Trignac et la partie Est de la commune de Saint-Nazaire	33
Figure 10 : Fiche de détermination des apports d'eaux parasites d'infiltration supplémentaires en période de ressuyage sur le site MAG07 Crosmain, Saint-Malo-de-Guersac	35
Figure 11 : Corrélation linéaire entre la hauteur précipitée et le volume ruisselé pour le site MAG07 Crosmain, Saint-Malo-de-Guersac	36
Figure 12 : structure générale du modèle de la STEP Est sur le logiciel CANOE	40
Figure 13 : Exemple de patron journalier des eaux usées pour le bassin versant de MAG07 Crosmain, Saint-Malo-de-Guersac	41
Figure 14 : Exemple de patron annuel d'eaux parasites d'infiltration pour le bassin versant de MAG07 Crosmain, Saint-Malo-de-Guersac	42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques des stations d'épuration présentes sur le territoire de la CARENE .	13
Tableau 2 : Déficit moyen mensuel, station Saint-Nazaire-Montoir 1991-2010.....	14
Tableau 3 : Etat des masses d'eau sur le territoire de la CARENE.....	19
Tableau 4 : Mesures minimum sur les ouvrages de surverses selon l'arrêté du 21 juillet 2015	23
Tableau 5 : Objectifs du SAGE Estuaire de la Loire	25
Tableau 6 : Liste des postes de refoulement sélectionnés pour le diagnostic.....	26
Tableau 7 : Résultats d'analyse des surverses sur les communes de Saint-Joachim et Saint-Malo-de-Guersac.....	38
Tableau 8 : Formules utilisées pour la construction du patron d'eaux usées journalier	41
Tableau 9 : Ajustement de la surface totale pour chaque bassin versant du modèle	43
Tableau 10 : Capacité des bassin tampons présents sur le modèle de la station d'épuration Est	45
Tableau 11 : Hauteurs estimées pour des fréquences d'apparition mensuelle, trimestrielle et semestrielle	45
Tableau 12 : Principaux paramètres choisis pour les simulations sous CANOE	47
Tableau 13 : Comparaison des débits journaliers mesurés et simulés en période de temps sec .	48
Tableau 14 : Comparaison des débits journaliers mesurés et simulés pour une pluie de projet mensuelle.....	49
Tableau 15 : Comparaison des débits journaliers mesurés et simulés en condition de nappe haute avec ressuyage pour les trois pluies de projet.....	50
Tableau 16 : Résultats des simulations en période de temps sec pour le réseau de la STEP Est	52
Tableau 17 : Tableau 16 : Résultats des simulations pour la pluie de projet mensuelle pour le réseau de la STEP Est	53
Tableau 18 : Tableau 16 : Résultats des simulations pour la pluie de projet trimestrielle pour le réseau de la STEP Est	54
Tableau 19 : Tableau 16 : Résultats des simulations pour la pluie de projet semestrielle pour le réseau de la STEP Est	55

INTRODUCTION

La Communauté d'Agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire (CARENE) est composée de 10 communes à l'Ouest du département de Loire Atlantique. En cohérence avec les projets de développement et d'aménagements urbains, la CARENE a fait appel au bureau d'étude ARTELIA Ville & Transport pour effectuer un Schéma Directeur d'Assainissement (SDA) des eaux usées. Le réseau d'eaux pluviales ne fait pas parti de cette étude et sera considéré dans un autre SDA.

L'objectif de cette étude est de disposer d'un plan de gestion permettant de fiabiliser et d'optimiser le fonctionnement du réseau d'assainissement à court, moyen et long terme tout en respectant la réglementation en vigueur. L'attente principale concerne la diminution des déversements d'eaux usées non traitées directement vers le milieu naturel.

L'élaboration du SDA nécessite principalement quatre phases : la collecte des données, le diagnostic du système d'assainissement, la mise en place d'un programme de travaux et l'élaboration du zonage d'assainissement. Lors de mon stage, j'ai pu participer aux premières phases du projet, notamment en élaborant un modèle hydraulique du réseau d'assainissement sous le logiciel CANOE. Ce modèle permet d'analyser le fonctionnement du système, d'identifier les points problématiques et de tester les aménagements envisagés dans la situation actuelle et future. La construction du modèle hydraulique fait partie des attentes de la communauté d'agglomération.

La première partie de ce rapport présente les objectifs et le contexte de l'étude, notamment d'un point de vue hydrographique et réglementaire. Puis, le diagnostic des réseaux de collecte des eaux usées de l'aire sera effectué. Dans un dernier temps, les résultats du diagnostic seront utilisés pour élaborer le modèle hydraulique du réseau d'eaux usées associés à la station d'épuration Est. La méthode employée et les résultats seront détaillés.

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

1.1 Objectif de l'étude

La réalisation du SDA d'assainissement des eaux usées de la CARENE nécessite plusieurs étapes. L'enchaînement des principales phases est présenté en annexe 1. L'objet de cette étude est de faire le bilan de l'état actuel de fonctionnement de la structure d'assainissement des eaux usées (stations et réseau), de faire une synthèse des travaux réalisés sur la dernière décennie et d'en évaluer l'efficacité. Ces analyses permettront de définir les aménagements et éventuelles restructurations à prévoir pour assurer à court, moyen et long terme, l'assainissement de l'agglomération.

Les résultats de cette étude devront permettre à la CARENE :

- d'optimiser la gestion technique et financière du réseau d'assainissement,
- de fiabiliser la collecte, le transfert et l'épuration des effluents en toutes circonstances,
- d'intégrer les nouvelles contraintes réglementaires : l'arrêté du 21 juillet 2015, le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2016-2021 et le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE),
- de disposer des données et outils nécessaires à l'élaboration d'un programme d'assainissement.

Pour cela, le réseau de transfert des eaux usées du système d'assainissement de la CARENE a été étudié au travers de deux modèles hydrologiques et hydrauliques développés sous le logiciel CANOE. Le premier modèle représente le bassin de collecte de la station d'épuration (STEP) Est, c'est-à-dire les communes de Montoir de Bretagne, Saint-Joachim, Saint-Malo-de-Guersac, Trignac et la partie Est de l'agglomération de Saint-Nazaire. Le deuxième modèle concerne le bassin de collecte de la STEP Ecossières avec les communes de Pornichet, Saint André-des-Eaux et les parties Sud et Ouest de l'agglomération de Saint-Nazaire. Les communes de Besné, Donges et La Chapelle-des-Marais possèdent des réseaux de plus faibles dimensions et ne feront pas l'objet d'une modélisation.

La suite de ce mémoire développera la démarche mise en place pour la construction et l'utilisation du modèle du bassin de collecte de la STEP Est.

1.2 Situation géographique

L'aire d'étude couvre la totalité du territoire de la CARENE. Elle se situe à l'Ouest du département de Loire Atlantique entre les intercommunalités de CAP Atlantique, du Pays de Pontchâteau Saint-Gildas des Bois, du Loire et Sillon et du Sud Estuaire. La carte suivante présente la situation géographique de la CARENE et le périmètre de l'aire d'étude (cf Figure 1).

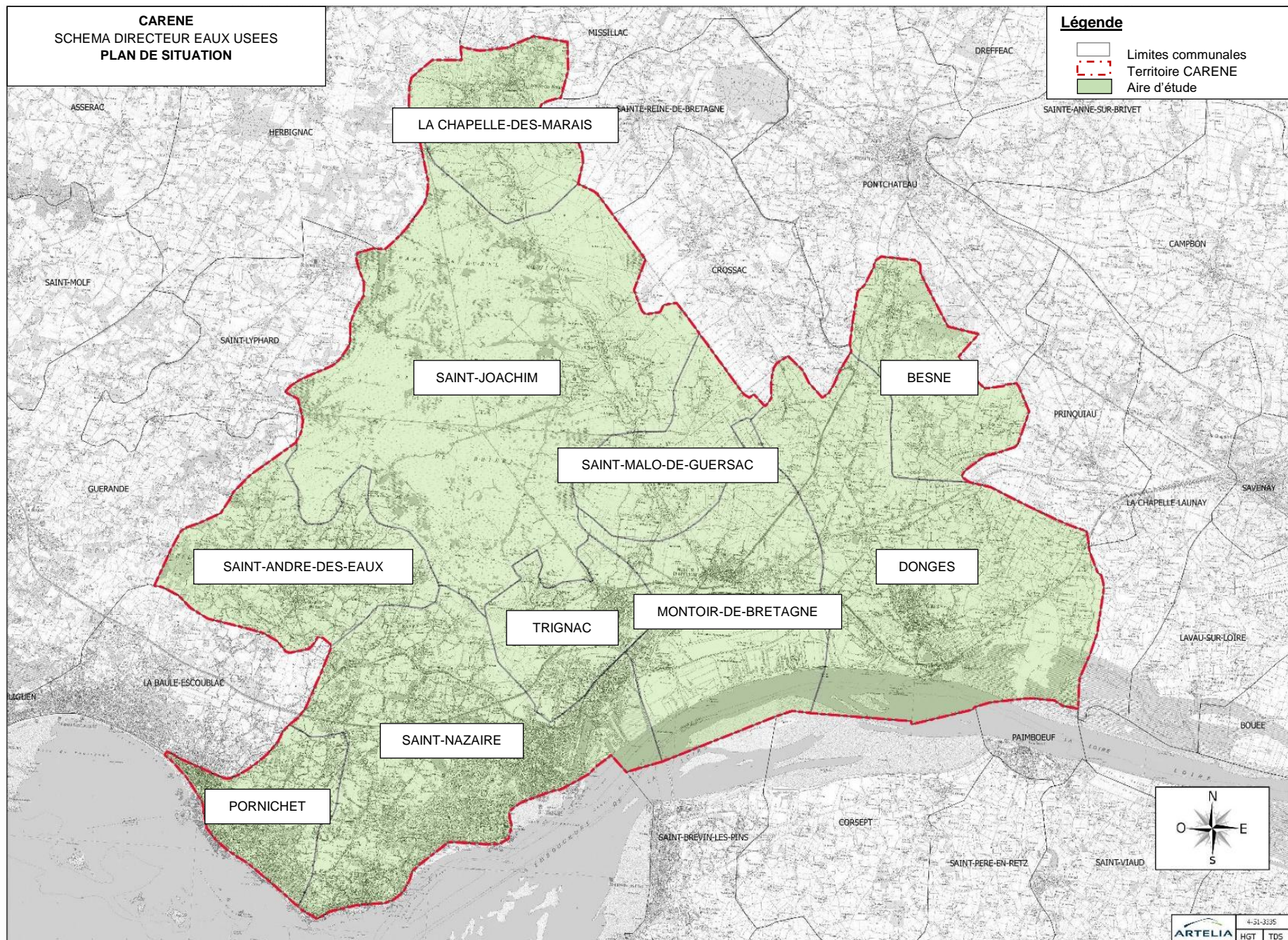


Figure 1 : Présentation de l'aire d'étude de la CARENE (logiciel QGIS)

La Communauté d'Agglomération de la REgion Nazairienne et de l'Estuaire s'est formée en 2001 à la suite du regroupement de 9 communes du Nord Estuaire. En 2002, la commune de Pornichet rejoint également l'intercommunalité. La CARENE s'étend actuellement sur un territoire de 31 800 hectares et regroupe les dix communes suivantes :

- Besné,
- Donges,
- La Chapelle-des-Marais,
- Montoir de Bretagne,
- Pornichet,
- Saint-André-des-Eaux,
- Saint-Joachim,
- Saint-Malo-de-Guersac,
- Saint-Nazaire,
- Trignac.

En matière d'assainissement, la collecte des eaux usées est réalisée au moyen d'un réseau séparatif qui dessert les agglomérations de chaque commune. Ce réseau d'assainissement assure le transfert des eaux usées vers 9 stations d'épuration dont les principales caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant (cf Tableau 1). L'exploitation du système d'assainissement est en régie communale pour les réseaux d'assainissement d'eaux usées et les stations d'épuration.

Tableau 1 : Caractéristiques des stations d'épuration présentes sur le territoire de la CARENE

Station d'épuration	Commune	Capacité nominale (Equivalents habitants)	Type de filière	Date de mise en service	Milieu récepteur
Ecossiernes	Saint-Nazaire	102 000	Boues activées	2012	Estuaire de la Loire
Est	Montoir de Bretagne	75 000	Boues activées et filtration membranaire	2012	Estuaire de la Loire
Chemin du Tillon	Besné	2 900	Boues activées	2013	Canal de la Chaussée
Gros Chêne	Besné	300	Disques biologiques	2013	Canal de l'Hirondelle
La Gare	Donges	7 600	Boues activées	1980	La Loire
ZI Bonne Nouvelle	Donges	280	Boues activées	1976	Fossé puis la Loire
Revin	Donges	300	Lagunage naturel	1995	Canal de Languistre puis Brivet
Pommeraiie	Donges	325	Disques biologiques	2012	Marais de China puis Canal de la Taillée
Route de Ste Reine	La Chapelle-des-Marais	4 400	Boues activées	2008	Canal de la Boulaie

Dans le cadre de l'élaboration du SDA, seuls les réseaux des stations Ecossiernes et Est feront l'objet d'une modélisation hydraulique.

1.3 Caractéristiques climatiques générales

Le contexte climatique, et en particulier le contexte pluviométrique, des communes peut être appréhendé par des stations météorologiques locales. La station utilisée pour cette étude est celle de Saint-Nazaire-Montoir.

D'après Météo-France, la pluviométrie moyenne à Montoir de Bretagne est de 774 mm/an (moyenne sur la période 1991 à 2010). La répartition s'effectue avec un minimum en août (34.5 mm) et un maximum en octobre (94 mm). Le bilan hydrique réalisé à partir des données de Météo-France sur la période 1991-2010 fait apparaître un déficit hydrique moyen de 349 mm sur la période allant d'avril à septembre comme l'illustre le tableau suivant :

Tableau 2 : Déficit moyen mensuel, station Saint-Nazaire-Montoir 1991-2010

Paramètres	Unités	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
T minimales	°C	3,4	3	5	6,3	9,7	12,2	14	13,7	11,4	9,3	5,7	3,5	8,1
T maximales	°C	9,3	9,9	12,8	15,2	18,8	22,3	24,4	24,5	21,8	17,4	12,8	9,7	16,6
T moyennes	°C	6,4	6,5	8,9	10,8	14,3	17,3	19,2	19,1	16,6	13,4	9,3	6,6	12,3
Pluie	mm	81,5	64,3	56,2	56,8	65,8	38,9	39,6	34,5	68,3	94,1	85,2	89,2	774,4
E.T.P.	mm	12,6	21,5	51,1	76,6	111,1	129,2	136,8	121,3	78,2	39,7	15,3	10,7	804,1
Pluie – E.T.P.	mm	68,9	42,8	5,1	-19,8	-45,3	-90,3	-97,2	-86,8	-9,9	54,4	69,9	78,5	-29,7

Ce bilan hydrique met clairement en évidence la succession de deux périodes :

- la période de drainage durant laquelle les sols reconstituent leurs réserves hydriques (période variable allant de septembre à novembre), puis durant laquelle les nappes se rechargent (novembre à mars),
- la période de déficit hydrique (avril à août).

L'importance du déficit hydrique contribue en partie à l'assèchement partiel des cours d'eau et marais de l'agglomération durant l'été.

A partir de cette analyse, il est possible de définir trois périodes différentes : la période de nappe haute de décembre à avril où la nappe est à son niveau le plus haut ; la période de nappe basse de juin à octobre où la nappe est à son niveau le plus bas et enfin des périodes intermédiaires entre les deux où la nappe se recharge et se vidange.

1.4 Contexte hydrographique

1.4.1 Hydrographie générale

Le réseau hydrographique du territoire de la CARENE est relativement dense. Il se compose essentiellement des marais de Brière, alimentés par le Brivet et d'un important réseau de cours d'eau et de canaux sillonnant le bassin versant de la Brière et du Brivet.

Ce bassin versant s'étend sur 80 000 ha entre l'estuaire de la Vilaine et l'estuaire de la Loire et sur 37 communes dont 9 communes de la CARENE. Il comprend un vaste ensemble de zones humides (environ 20 000 ha) composés des marais de Brière, des marais de la Boulaie, des marais de Donges, des marais du Haut-Brivet et des marais du Brivet. Le Brivet possède ainsi de nombreux affluents et défluent, depuis sa source dans les marais du Haut-Brivet jusqu'à l'estuaire de Loire qui représente l'exutoire du bassin de la Brière et du Brivet.

Cinq masses d'eaux définies à la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) sont présentes sur le territoire de la CARENE. Ces masses d'eaux sont présentées sur les cartes page suivante (cf Figure 2 et 3) et se composent de quatre masses d'eaux superficielles et d'une masse d'eau souterraine :

- Cours d'eau :
 - Le Brivet depuis Dreffac jusqu'à la confluence avec la Loire,
 - La Grande Doue et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec le Brivet.
- Eaux littorales :
 - La Loire : masse d'eau de transition,
 - La Loire (large) : masse d'eau côtière.
- Eaux souterraines :
 - Estuaire Loire.

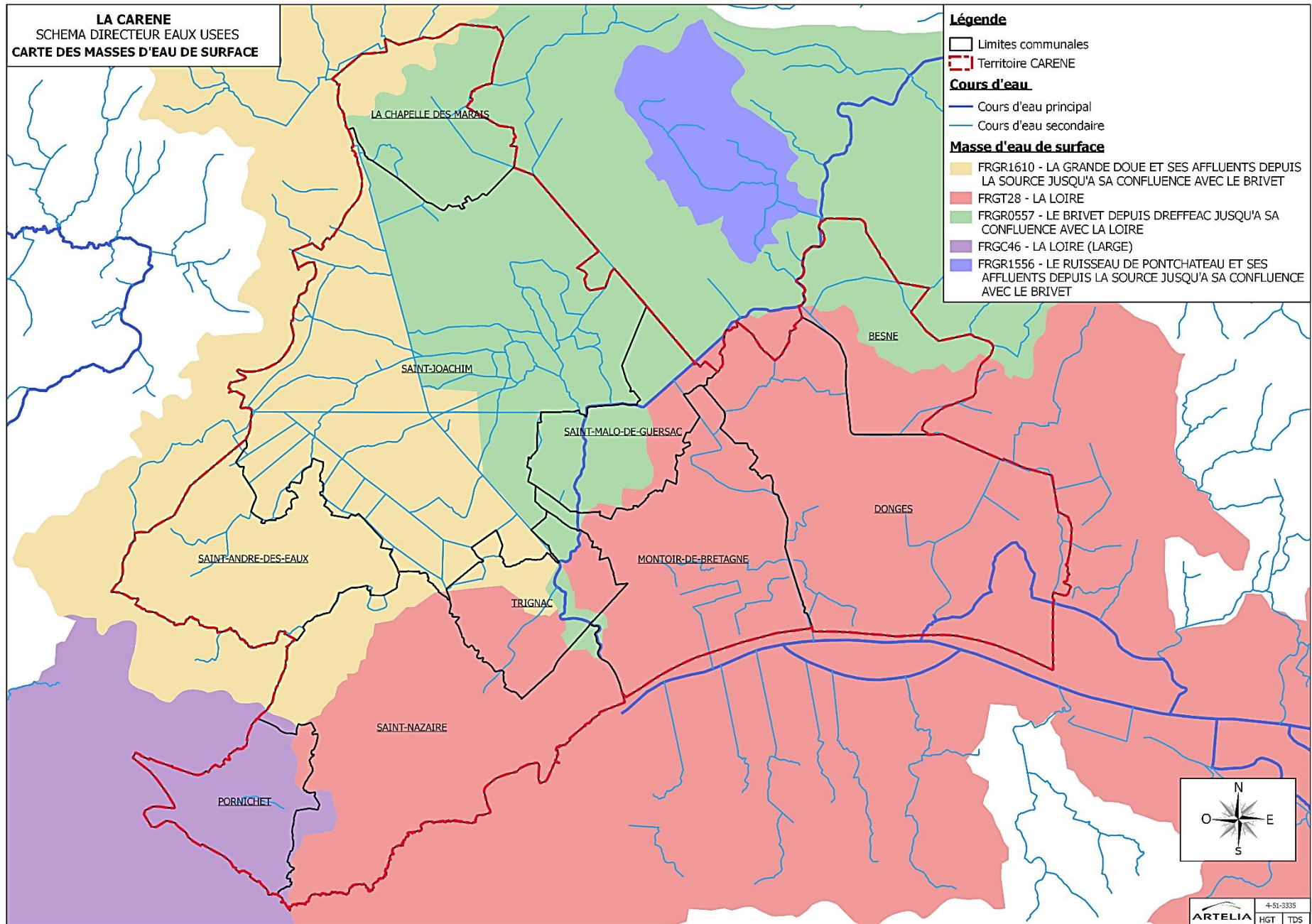


Figure 2 : Carte des masses d'eau de surface sur le territoire de la CARENE (logiciel QGIS)

LA CARENE
 SCHEMA DIRECTEUR EAUX USEES
CARTE DES MASSES D'EAU SOUTERRAINES

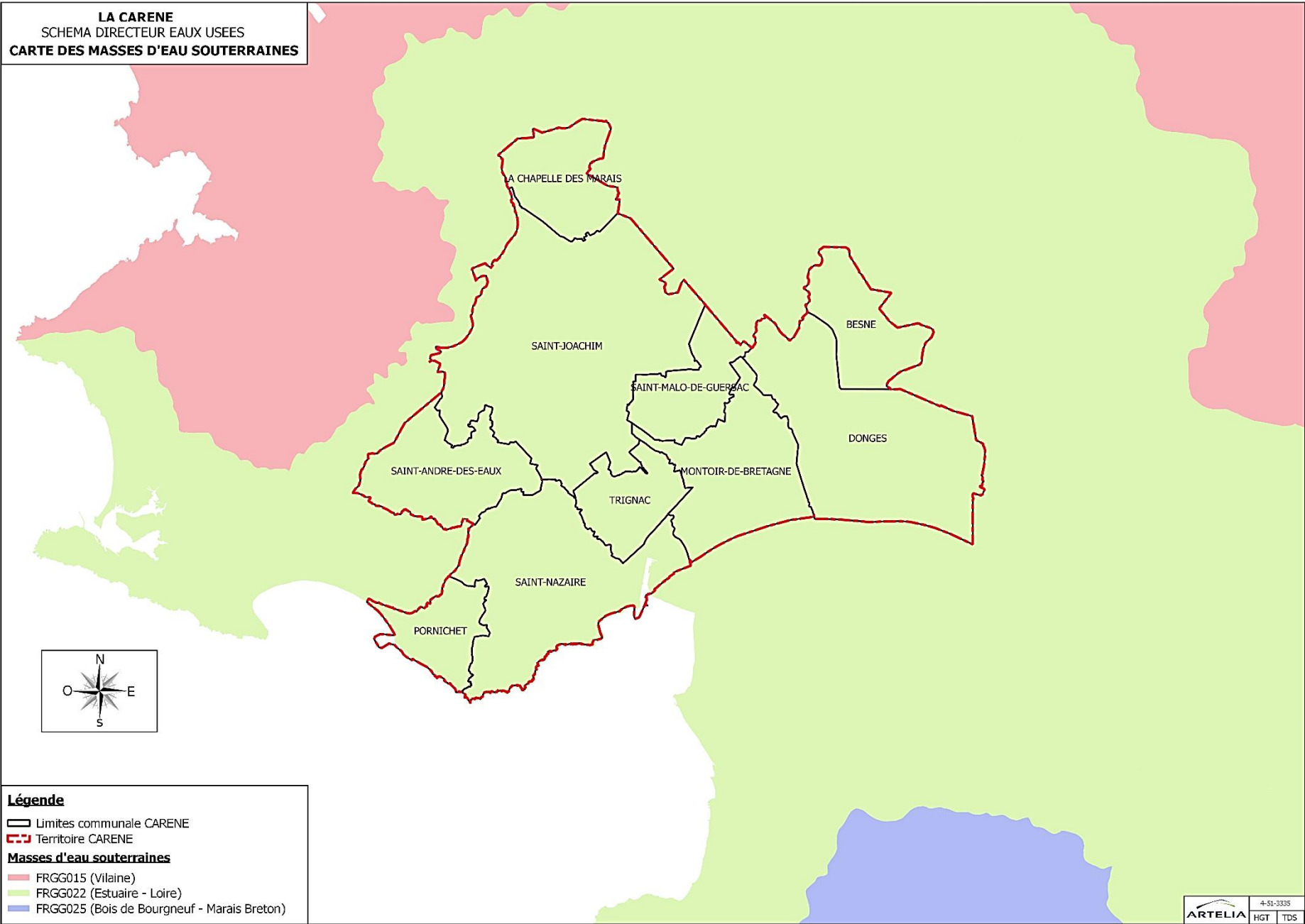


Figure 3 : Carte des masses d'eau souterraines sur le territoire de la CARENE (logiciel QGIS)

La singularité hydrologique de la zone est principalement due à la présence des marais de Brière. En effet, Les marais sont dépendants du point de vue hydrologique et biologique, de l'estuaire de la Loire et du bassin versant du Brivet. Ainsi, la multiplicité des canaux s'écoulant vers le Brivet ou vers la Loire rend le fonctionnement hydraulique des marais complexe avec plus de 20 compartiments hydrauliques et environ 15 ouvrages de régulation sur l'ensemble du bassin versant du Brivet.

Depuis 2011, le Syndicat du Bassin Versant du Brivet (SBVB) s'emploie à mettre en œuvre les directives du SAGE Estuaire de la Loire à travers de nombreuses missions telles que la gestion du niveau d'eau par les ouvrages de régulation ou encore la restauration et l'entretien des marais.

La gestion hydraulique des marais réalisée par le SBVB est différente en fonction de la période de l'année afin d'éviter les sécheresses importantes en été, les inondations en hiver et maintenir un niveau d'eau propice à la flore, à la faune et aux différentes activités réalisées sur le marais. Il y a donc une ouverture des ouvrages afin d'évacuer les précipitations abondantes en hiver (période de hautes eaux) et une fermeture des ouvrages afin de protéger les marais en été (période de basses eaux), scindant le bassin versant en plusieurs compartiments hydrauliques distincts.

1.4.2 Qualité des eaux

Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) visant à préserver et restaurer l'état des eaux superficielles et souterraines, l'étude de la qualité des eaux par des paramètres physico-chimiques et biologiques est nécessaire. En effet, l'objectif est d'atteindre le bon état des différents milieux d'ici 2021 et de le préserver. Ce suivi permet de caractériser les milieux sensibles et dégradés. Dans le cadre du SDA des eaux usées, ces milieux sont à surveiller car ce sont les milieux récepteurs des potentiels déversements du réseau.

Sur le territoire de la CARENE, le suivi de la qualité est effectué sur les cours d'eau, les eaux estuariennes, littorales et souterraines.

Les cours d'eau concernés sont le Brivet, la Grande Doue mais également le ruisseau de Pontchâteau et ses affluents. En effet, ce dernier a pour exutoire le Brivet au Nord de la commune de Besné et son état influencera donc celui des cours d'eau de la CARENE. Les eaux estuariennes et littorales sont la Loire, en tant que masse d'eau de transition et la Loire large en tant que masse d'eau côtière.

La caractérisation de la qualité de ces masses d'eau est faite à partir de l'état écologique et de l'état chimique. L'état écologique correspond à l'appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés à la masse d'eau à partir d'éléments biologiques, physico-chimiques et hydromorphologiques. L'état chimique est l'état le plus déclassant, obtenu par la mesure des métaux lourds, des pesticides, des polluants industriels et autres polluants.

Les eaux souterraines sur le territoire se limite à la masse d'eau Estuaire-Loire. La caractérisation de son état est établie par un état chimique et un état quantitatif. L'état chimique correspond à la teneur en nitrate et la concentration en pesticide. L'état quantitatif représente l'équilibre entre les prélèvements et les ressources.

Le tableau suivant (cf Tableau 3) récapitule les résultats obtenus sur les différentes masses d'eau. Le classement a été établi par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne selon les

dernières mises à jour ; novembre 2015 pour les cours d'eau, avril 2016 pour les eaux estuariennes et littorales et 2013 pour les eaux souterraines.

Tableau 3 : Etat des masses d'eau sur le territoire de la CARENE

Cours d'eau									
Code	Masse d'eau	État écologique	Niveau de confiance (état écologique)	Objectif écologique	Délai écologique	État chimique	Niveau de confiance (état chimique)	Objectif chimique	Délai chimique
FRGR0557	Le Brivet depuis Dreffac jusqu'à la confluence avec la Loire	3 - État Moyen	3 - Élevé	Bon État	2027	ND	ND	Bon État	ND
FRGR1610	La Grande Doue et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec le Brivet	3 - État Moyen	1 - Faible	Bon État	2027	ND	ND	Bon État	ND
FRGR1556	Le ruisseau de Pontchâteau et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec le Brivet	4 - État Médiocre	3 - Élevé	Bon État	2021	ND	ND	Bon Etat	ND
Eaux littorales (eaux de transition et eaux côtières)									
Code	Masse d'eau	État écologique	Niveau de confiance (état écologique)	Objectif écologique	Délai écologique	État chimique	Niveau de confiance (état chimique)	Objectif chimique	Délai chimique
FRGT28	La Loire	3 - État Moyen	ND	Moins strict que Bon État	2027	5 - État Mauvais	ND	Moins strict que Bon État	ND
FRGC46	Loire (large)	3 - État Moyen	ND	Bon État	2015	1 - Très Bon État	ND	Bon État	ND
Eaux souterraines									
Code	Masse d'eau	État chimique	Niveau de confiance (état chimique)	Objectif chimique	Délai chimique	État quantitatif	Niveau de confiance (état quantitatif)	Objectif quantitatif	Délai quantitatif
FRGG022	Estuaire - Loire	2 - Bon État	ND	Bon État	2015	2 - Bon État	ND	Bon État	2015

Le ruisseau de Pontchâteau situé plus en amont et s'écoulant dans le Brivet présente un état écologique médiocre. Cela impacte le territoire de la CARENE où le Brivet présente un état écologique moyen, de même que la Grande Doue. Ces trois masses d'eau présentent un bon voir très bon état au vu des concentrations en nitrates mais un état médiocre à mauvais pour le phosphore, qui est le paramètre déclassant. La qualité écologique des cours d'eau sur le territoire de la CARENE n'est donc pas satisfaisante au vu des objectifs écologiques de bon état. Le délai est fixé à 2027. L'absence de données ne permet pas de se prononcer sur l'état chimique (ND : Non Déterminé).

L'estuaire de la Loire est classé dans un état moyen du point de vue écologique et dans un état mauvais du point de vue chimique. En effet, les eaux de l'estuaire présentent des concentrations de nitrates passables qui sont comparables avec celles, élevées, retrouvées dans la Loire plus en amont. Les concentrations en matières azotées et matières phosphorées

sont mauvaises et déclassent la qualité des eaux de l'estuaire. L'oxygène dissous, indispensable à la vie aquatique, est systématiquement en déficit avec des variations dépendantes des conditions locales. L'état chimique n'est pas conforme à l'objectif qui est moins strict que le bon état (à cause d'une contamination par le benzo(g,h,i)pérylène) dont le délai écologique a été reporté et fixé en 2027.

La qualité écologique de la masse d'eau côtière de la Loire au large est moyenne, à cause du déclassement de l'état biologique par le paramètre phytoplancton qui est en état moyen. Les données montrent un très bon état chimique des eaux côtières. Les objectifs environnementaux ont été atteints en 2015, il s'agit donc de maintenir ces états en évitant les déclassements comme celui subi sur l'état biologique.

L'état général de la masse d'eau souterraine de l'estuaire de la Loire est satisfaisant et respecte l'objectif de bon état chimique et quantitatif. Cet état a été atteint en 2015 et est à conserver. Il est important de souligner qu'au regard de la taille de cette masse d'eau de socle, la caractérisation de l'état ne permet pas d'identifier des problématiques précises.

Enfin, un suivi physico-chimique a été mis en place au niveau des marais de Brière afin de répondre aux enjeux du SAGE Estuaire de la Loire. Quatre sites de prélèvements ont été suivis de 2011 à 2016 sur le territoire de la CARENE. Les résultats montrent que la qualité des marais de Brière est en adéquation avec la qualité des cours d'eau de la CARENE et présentent principalement une mauvaise qualité en matières organiques oxydables traduisant un appauvrissement des marais en oxygène, ce qui semble être la conséquence de rejets d'eaux usées ou de rejets agricoles.

1.4.3 Usages du milieu

Les milieux récepteurs de la CARENE sont concernés par quatre types d'usages : la baignade, la conchyliculture, la pêche de loisir et la pêche à pied (cf Figure 4). Ces zones sont des milieux sensibles où la surveillance des rejets est d'autant plus importante.

La qualité des eaux de baignade est suivie par l'agence régionale de santé (ARS). De manière générale, le suivi des plages indique une qualité d'eau satisfaisante sur les côtes Ouest de la CARENE tandis qu'elle devient de plus en plus dégradée vers l'Est. Cependant, les périodes de fortes dégradations ponctuelles que l'on peut observer entre les plages de Vincent Auriol et Villès Martin ne sont pas forcément similaires et laisse supposer que les sources de pollution sont différentes.

La qualité des eaux conchylicoles est également l'objet de suivis de l'ARS et de l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer. Au niveau de l'estuaire de la Loire où se situe les principales zones de culture, la qualité microbiologique des eaux est moyenne voire mauvaise. Cependant il n'y a pas d'évolution du niveau de contamination notable sur les dix dernières années.

Les eaux des zones de pêche à pied sont surveillées par l'ARS de façon mensuelle. Les quatre sites présents sur le territoire de la CARENE sont déconseillés en raison de l'apparition de fréquents épisodes de contamination dont la majeure partie sont observés entre les mois d'octobre et de février.

Enfin de nombreux sites de pêche de loisir sont présents sur le territoire. Ces sites sont gérés par une Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques.

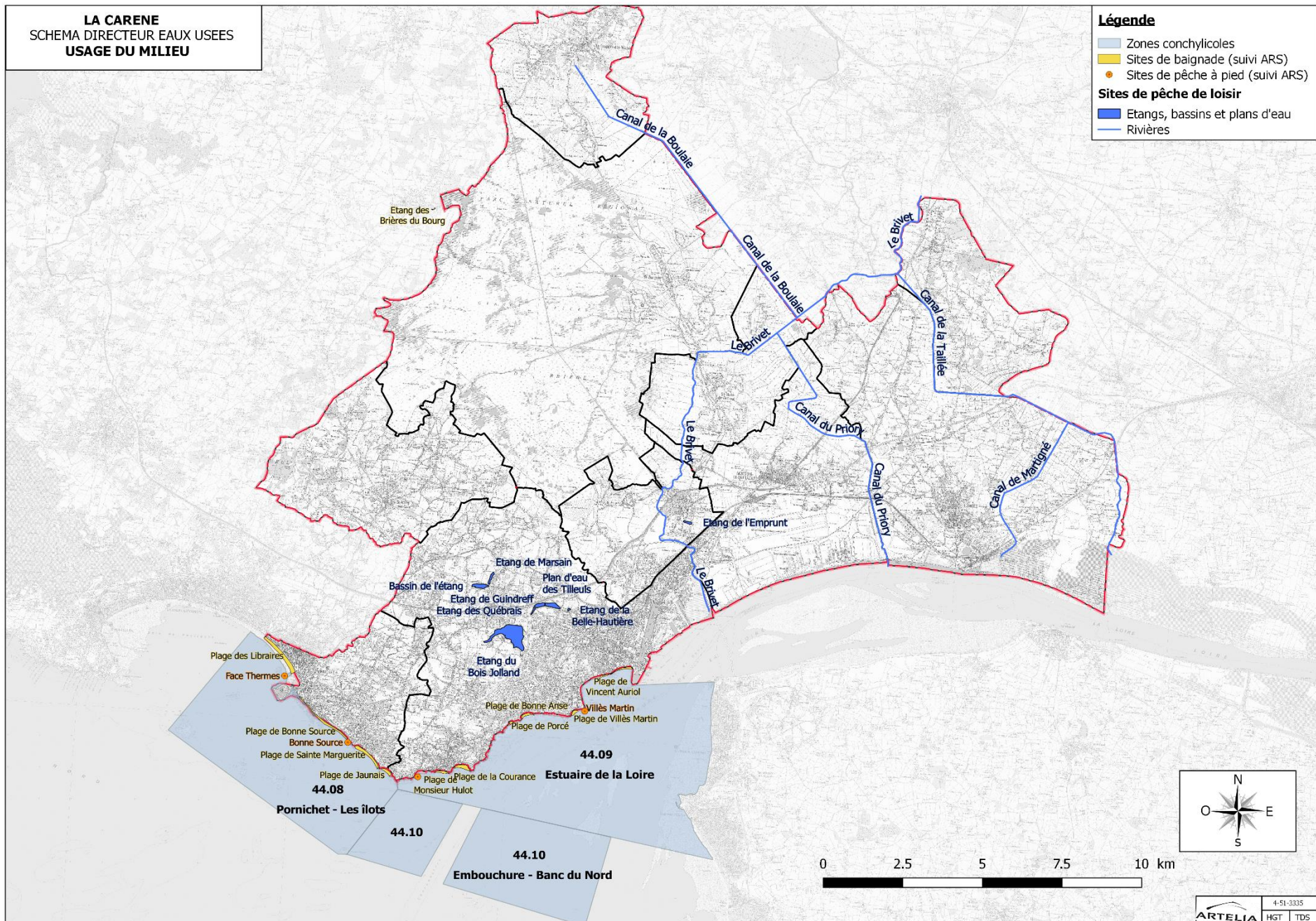


Figure 4 : Carte des différents usages des milieux récepteurs de la CARENE (logiciel QGIS)

1.6 Contexte réglementaire

La réglementation française sur l'assainissement collectif développée à partir du 19^{ème} siècle prend en compte la Directive européenne du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Cette directive impose l'identification des zones sensibles où les obligations d'épuration des eaux usées sont renforcées et fixe des obligations de collecte et de traitement des eaux usées pour les agglomérations urbaines d'assainissement. Les niveaux de traitement requis sont fixés en fonction de la taille des agglomérations d'assainissement et de la sensibilité du milieu récepteur du rejet final. Ces obligations sont actuellement inscrites dans le code général des collectivités territoriales (articles R.2224-6 et R.2224-6 à R.2224-17 relatifs à la collecte et au traitement des eaux usées).

Le SDA des eaux usées de la CARENE est notamment concerné par l'arrêté du 21 juillet 2015, le SDAGE Loire-Bretagne et le SAGE Estuaire de la Loire.

1.6.1 Arrêté du 21/07/2015 modifié par l'arrêté du 24/08/2017

L'arrêté du 21 juillet 2015 abroge l'arrêté du 22 juin 2007. Il présente les nouvelles dispositions relatives aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, applicables à partir du 1er janvier 2016^[6]. L'arrêté du 24 août 2017 modifie le présent arrêté sur certains points, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de Demande Biochimique en Oxygène mesurée à 5 jours (DBO5)^[7].

Concernant le SDA de la CARENE, ces textes apportent principalement les précisions suivantes :

- précisions sur les règles d'exploitation et d'entretien :
 - pour les agglomérations d'assainissement générant une **charge brute de pollution organique inférieure à 600 kg/j de DBO₅** : réalisation d'une étude diagnostique du système d'assainissement des eaux usées tous les 10 ans (article 12),
 - pour les agglomérations d'assainissement générant une **charge brute de pollution organique supérieure ou égale à 600 kg/j de DBO₅** : mise en place et mise à jour d'un diagnostic permanent du système d'assainissement. Celui-ci doit être opérationnel avant 2021 (article 12). C'est le cas pour la CARENE.

- précisions sur la durée de stockage des boues :

La capacité de stockage minimale est fixée à six mois de production de boues destinées à une valorisation agricole ; les stations en service en 2015 doivent être conformes avant 2019 (article 15),

- précisions sur la surveillance du système de collecte (article 17 et annexe 1) :

Selon le type d'ouvrage de surverse et le flux transitant en temps sec les mesures sur les ouvrages de surverse sont au minimum les suivantes (cf Tableau 4), elles seront effectives au plus tard au 31/12/2015 :

Tableau 4 : Mesures minimum sur les ouvrages de surverses selon l'arrêté du 21 juillet 2015

OUVRAGE	CHARGE BRUTE DE POLLUTION ORGANIQUE REÇU PAR TEMPS SEC (kgDBO5/J)		OUVRAGE SUR LE RESEAU (A1)	OUVRAGE SUR LA STEP (A2 ou S16)
DO et TP	< 30		néant	néant
DO	30 < x < 120	cas général	néant	volume déversé
		si agglomération d'assainissement > 120 et DO rejetée 70% des rejets annuels	durée de surverse + volume	volume déversé
DO	> 120		débit déversé	débit déversé + charge de pollution
DO	> 600 si - de 10 jours de surverse / an (moyenne sur 5 ans)		débit déversé	débit déversé + charge de pollution
	> 600 si + de 10 jours de surverse / an (moyenne sur 5 ans)		débit déversé + charge de pollution	débit déversé + charge de pollution
TP	< 120		néant	néant
TP	> 120		durée de surverse	débit déversé + charge de pollution

La charge de pollution est mesurée par du matériel à poste fixe (préleveur), obligatoire au-delà de 6 000 kg de DBO5/j soit 100 000 Equivalent-Habitant (EH).

- évaluation de la conformité de la collecte en temps de pluie. La note technique du 7 septembre 2015 donne des précisions sur l'évaluation :
 - par rapport à la directive Eaux Résiduaires Urbaines (ERU). Le système est conforme ERU si en moyenne sur 5 ans (sans prendre en compte les déversoirs points A2) :
 - les rejets par temps de pluie sont inférieurs à 5 % des volumes d'eaux usées produits par l'agglomération d'assainissement durant l'année,
 - ou
 - les rejets par temps de pluie sont inférieurs à 5 % des flux de pollution produits par l'agglomération d'assainissement durant l'année,
 - ou
 - le nombre de jours de déversement est inférieur à 20 jours par an au niveau de chaque déversoir d'orages soumis à autosurveillance,

- par rapport au contexte local. La conformité locale est fonction des objectifs environnementaux et sanitaires locaux (baignade, conchylicultures, pêche à pied,...),
 - par rapport au SDAGE ; dans le cadre de cette étude, le SDAGE Loire Bretagne.
- introduction des prescriptions relatives au suivi des micropolluants : campagnes de mesures sur les eaux rejetées au milieu naturel par les stations de traitement des eaux usées (article 18),
 - prise en compte des coûts lors du choix des solutions techniques, le recours à la notion de «coût excessif» doit être justifié (article 4, 5, 6, 8, 9, 17 et 22).

1.6.2 SDAGE Loire Bretagne 2016-2021

Le SDA doit être également en accord avec le SDAGE Loire Bretagne. Le SDAGE est un document de planification décentralisée définissant pour une période de six ans les grandes orientations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau dans le bassin, notamment au niveau qualité et quantité. Concernant l'assainissement, le SDAGE Loire Bretagne 2016-2021 s'est fixé comme troisième orientation fondamentale de réduire les rejets de pollution organique et bactériologique. Pour cela, une amélioration de l'efficacité de la collecte des eaux résiduaires est à engager :

- **Disposition 3A** : Poursuivre la réduction des rejets directs de polluants organiques et notamment du phosphore

- **Disposition 3A-1** : Poursuivre la réduction des rejets ponctuels

Les normes de rejets dans les masses d'eau pour le phosphore total respectent les concentrations suivantes : 2 mg/l en moyenne annuelle pour les stations d'épuration de capacité nominale comprise entre 2 000 et 10 000 EH et 1 mg/l en moyenne annuelle pour les stations d'épuration de capacité supérieure à 10 000 EH.

- **Disposition 3C** : Améliorer l'efficacité de la collecte des effluents

- **Disposition 3C-1** : Diagnostic des réseaux

Les agglomérations de plus de 10 000 EH doivent s'orienter vers la mise en place d'un diagnostic permanent ; les points singuliers du réseau et en particulier tous les trop-pleins et déversoirs d'orage doivent faire l'objet de mesures en continu adaptées.

- **Disposition 3C-2** : Réduction de la pollution des rejets d'eaux usées par temps de pluie

Les systèmes d'assainissement supérieurs ou égaux à 2 000 EH limitent les déversements directs vers le milieu récepteur aux valeurs indiquées dans l'arrêté du 21 juillet 2015. De plus, si le respect des objectifs environnementaux ou sanitaires le nécessite, et pour les systèmes d'assainissement contribuant significativement à la dégradation, les objectifs de non déversement par temps de pluie sont renforcés :

- réseaux unitaires : les déversements ne doivent pas dépasser 20 jours calendaires par an ;

- réseaux séparatifs : les déversements doivent être exceptionnels et ne pas dépasser 2 jours calendaires par an.

1.6.3 SAGE Estuaire de la Loire

Toutes les communes de la CARENE sont situées sur le territoire du SAGE Estuaire de la Loire. Ce schéma décline au niveau local, c'est-à-dire au niveau du bassin versant, les objectifs du SDAGE Loire Bretagne. Afin de le rendre conforme au nouveau SDAGE 2016-2021, le SAGE a entamé une révision en 2015^[1]. L'état des lieux a été validé en avril 2018 par la Commission Locale de l'Eau (CLE). Ce diagnostic du bassin versant a permis de fixer les objectifs du SAGE (cf Tableau 5).

Tableau 5 : Objectifs du SAGE Estuaire de la Loire

<i>ENJEUX</i>	<i>OBJECTIFS</i>
1 - Qualité des milieux	Atteindre de bon état Reconquérir la biodiversité Trouver un équilibre dans l'estuaire, Satisfaire les usagers,
2 - Qualité des eaux	Satisfaire les usagers, Atteindre le bon état
3 - Inondations	Mieux connaître l'alea Réduire la vulnérabilité
4 – Gestion quantitative	Maitriser les besoins Sécuriser

Ces objectifs ont été traduits en différentes dispositions et dont certaines concernent la présente mission.

Dans le cadre de l'enjeu « Qualité des eaux », des dispositions devront être prises afin de réduire les phénomènes d'eutrophisation des eaux de surface (eaux douces et eaux littorales). Les dispositions suivantes concernent la limitation de l'impact de l'assainissement collectif :

- **Disposition QE1** : Adéquation entre le potentiel de développement démographique des collectivités et la capacité de traitement des eaux usées
- **Disposition QE 2** : Respect des objectifs environnementaux pour les stations d'épuration de toutes tailles en milieux remarquables
- **Disposition QE 3** : Mise en conformité des points noirs de l'assainissement non collectif
- **Disposition QE 4** : Maîtrise hydraulique des réseaux d'assainissement
- **Disposition QE 5** : Fiabilisation des réseaux de collecte des eaux usées
- **Disposition QE 6** : Conformité des branchements d'eaux usées

2. DIAGNOSTIC DES RESEAUX DE COLLECTE DES EAUX USEES

Dans cette partie, les réseaux des dix communes ont été analysés à partir des données fournies par la CARENE, notamment les données de métrologie et les plans des réseaux des Systèmes d'Information Géographique (SIG) sous le logiciel QGIS. Ce diagnostic permet d'appréhender le fonctionnement hydraulique du réseau et de définir les données d'entrée nécessaires pour la construction des modèles.

2.1. Analyse de la structure du réseau

La structure des réseaux d'eaux usées des communes a été étudiée à partir des plans de réseaux SIG. Les données du précédent SDA de l'agglomération d'assainissement datant de 2006 ont également été utilisées. A partir de ces informations, des organigrammes des réseaux ont été réalisés par communes (cf Annexes 2 à 13). Leur représentation est centrée sur la position des postes de refoulement du réseau. Ces ouvrages sont des stations de pompage permettant de refouler les eaux usées sur de longue distance lorsque le poste est placé en contrebas du réseau de collecte.

Par la suite, 46 postes de refoulement principaux ont été sélectionnés parmi les 250 postes existants sur l'agglomération avec pour objectif l'optimisation du réseau de transfert. Les critères sont notamment basés sur la capacité, la position et les possibilités d'extension à proximité. La liste des postes choisis est présentée ci-dessous (cf Tableau 6) :

Tableau 6 : Liste des postes de refoulement sélectionnés pour le diagnostic

Commune	Identifiant	Nom des postes de refoulement	Commune	Identifiant	Nom des postes de refoulement
Besne	BES03	LA HAUMONAI	Saint-Malo-de-Guersac	MAG1	LA GAGNERIE
	BES04	LA CHAUSSEE		MAG7	CROSMAN
	BES20	MORANDAI 3		MAG11	PETITE BRIERE
	BES21	MORANDAI 2		SNA1	VILLES MARTIN
Donges	DON06	TRELAGOT	Saint-Nazaire	SNA2	PARC PAYSAGER
La Chapelle-des-Marais	CHA03	BE		SNA3	GAUTIER
	CHA05	LA SAULZAIE		SNA4	HALTE DE MEAN
	CHA07	CROIX GOURNAT		SNA5	GUYANNE
	CHA08	MAYUN NORD		SNA6	PORCE
	CHA11	CAMER		SNA10	IMMACULEE
Montoir de Bretagne	MOB10	GRON LOIRE		SNA11	BOUGAINVILLE
	MOB12	BELLEVUE		SNA12	CROIX DE MEAN
	MOB13	LONCE 1		SNA14	SAINT MARC
	MOB16	LA TORSE		SNA19	JAUNAI
	MOB50	GRON		SNA20	BRAIS
Pornichet	POR3	VILLES MAHAUD		SNA21	COUBERTIN
	POR6	SAINTE MARGUERITE		SNA27	SABOT D'OR
	POR8	08-MAI-45		SNA29	PREHEMBERT
	POR11	LUCIE		SNA30	QUEBRAIS
Saint-André-des-Eaux	AND03	LA CURE		SNA46	FONTAINE TUAUD
	AND08	REZAC	SNA50	SAUTRON	
Saint-Joachim	JOA8	LEVEES OUIES	Trignac	TRI01	CENTRE
	JOA12	FEDRUN N286		TRI15	AUCHAN

Cette liste regroupe également les postes de refoulement à modéliser sur les deux bassins de collecte. Au total, 19 postes ont été retenus pour la STEP Est et 15 pour la STEP Ecossiernes. Les organigrammes suivants représentent le réseau entre les différents postes de refoulement choisis pour les deux modèles (cf Figure 5 et 6).

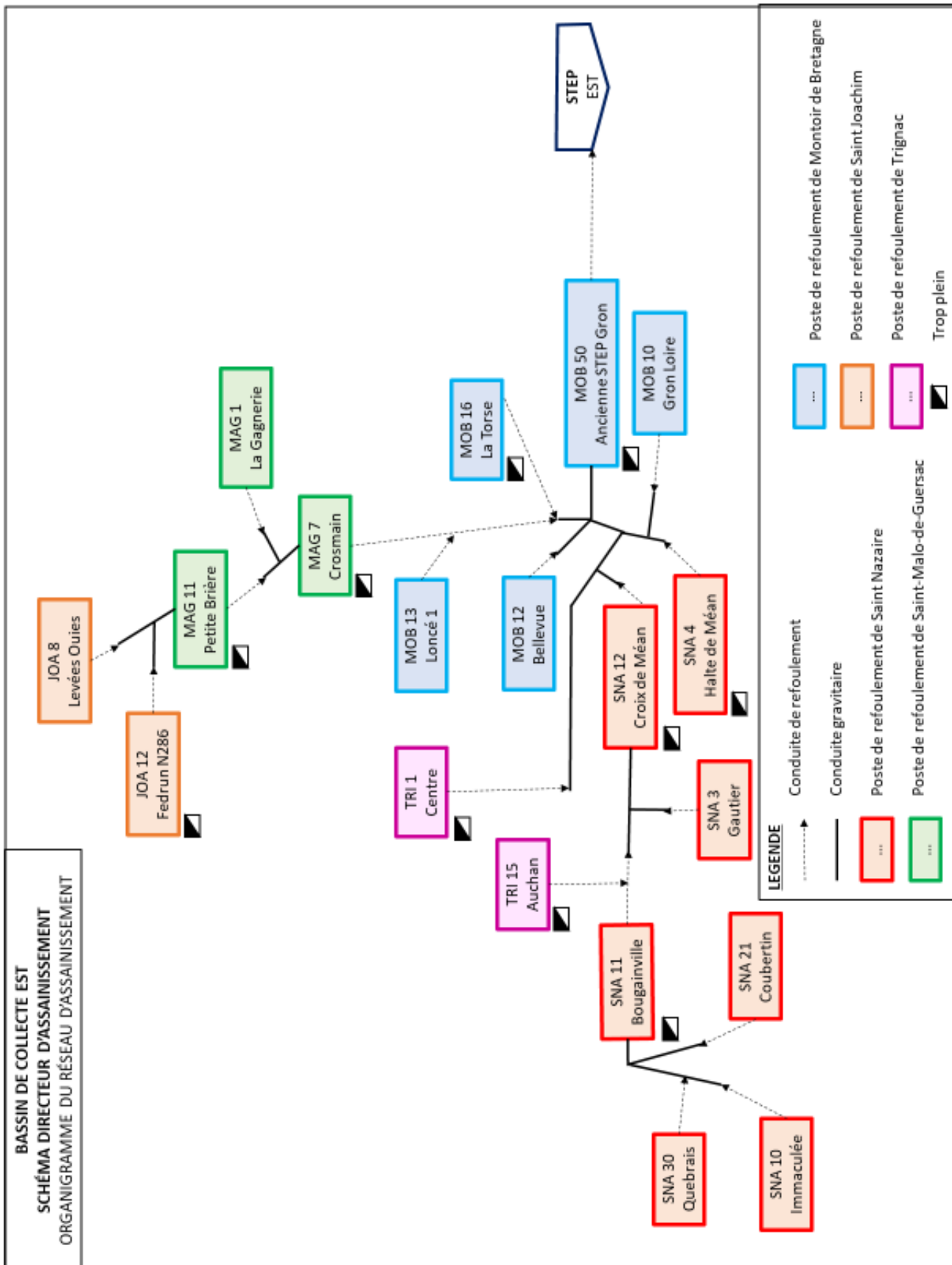


Figure 5 : Organigramme du réseau d'assainissement de la station d'épuration Est

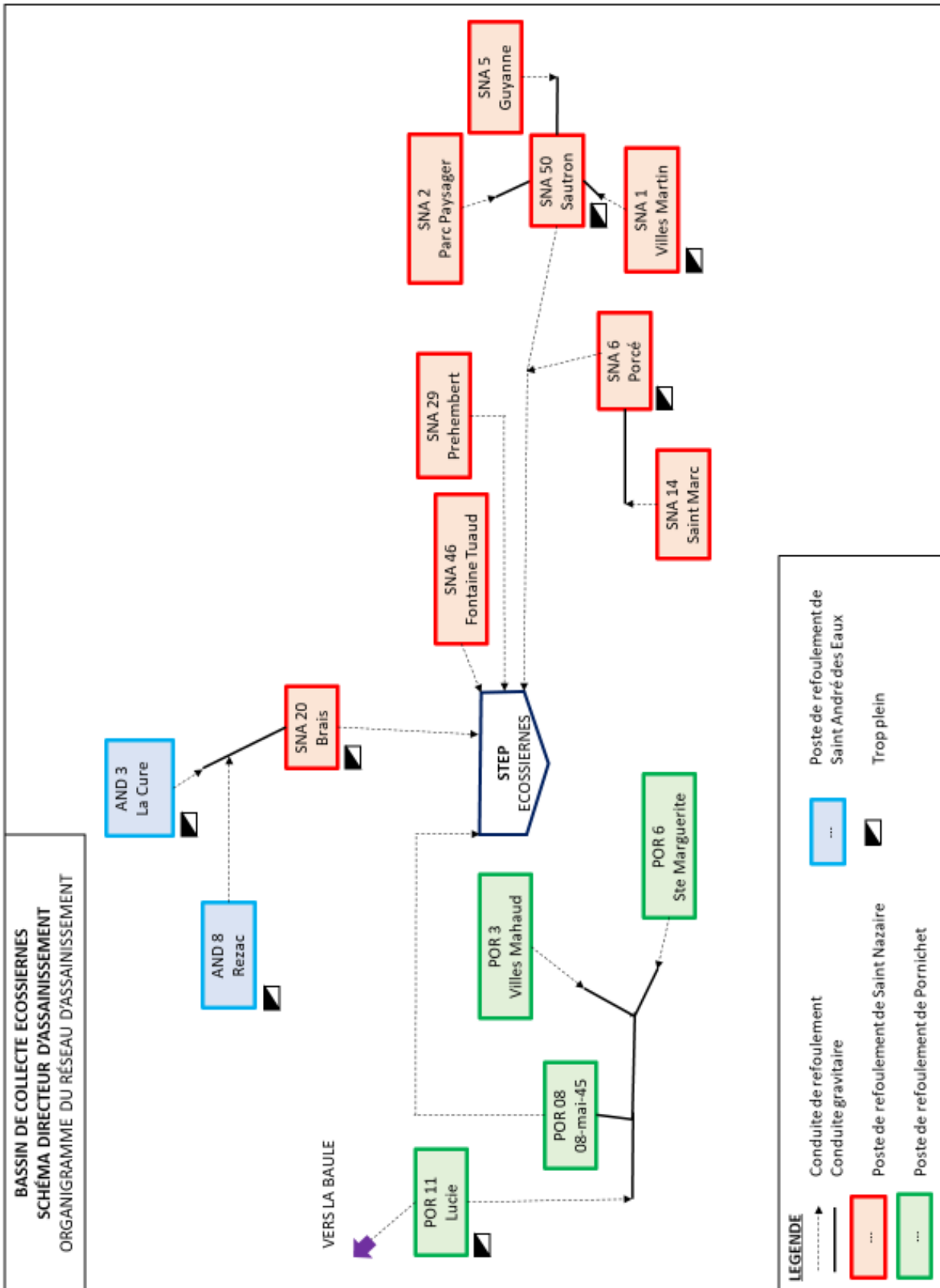


Figure 6 : Organigramme du réseau d'assainissement de la station d'épuration EcoSSIERNES

2.2 Pré-traitement des données de métrologie

Une fois les postes de refoulement principaux déterminés, les données de métrologie disponibles au niveau de ces postes ont été analysées afin de quantifier la part d'effluent transitant dans les réseaux pour des conditions météorologiques et hydrologiques différentes. Pour cela, les effluents ont été divisés en trois composantes en plus des eaux usées : les eaux parasites d'infiltration, les eaux pluviales et les eaux de ressuyage. En fonction de la précision des données disponibles, des méthodes d'analyse différentes ont été mises en place pour chaque composante.

Les données de métrologie disponibles aux niveaux des postes de refoulement peuvent être séparées en deux catégories : les données journalières et les données avec une précision de l'ordre de la minute. Les postes équipés de débitmètre et possédant des données suffisamment précises représentent une faible part et sont au nombre de onze.

A partir des données minutes, des hydrogrammes mensuels avec des valeurs de débit horaires ont été tracés à l'aide du logiciel DIAGVAX. Ce logiciel interne à l'entreprise est un outil de dépouillement des mesures développé par SOGREAH. Les hydrogrammes ont été tracés pour les mois de janvier, février, mars, avril 2016. En effet, au cours de cette période la pluviométrie a été importante et les phénomènes d'intérêt sont donc plus marqués. La détermination des volumes de chaque composante est ainsi facilitée. De plus, des hydrogrammes journaliers ont été réalisés pour les années 2015, 2016 et 2017. Les données météorologiques étant disponibles seulement pour ces trois années.

Sur ces hydrogrammes, la pluviométrie a été ajoutée. Ces données correspondent aux valeurs des pluviomètres des stations Est et Ecossiernes. Pour chaque poste, les données de la station la plus proche sont utilisées.

Pour les autres postes, des volumes journaliers sont obtenus à partir du débit des pompes de refoulement et de leurs temps de fonctionnement. Des hydrogrammes journaliers sont alors également tracés pour les années 2015, 2016 et 2017.

Un exemple des hydrogrammes obtenus à partir des données du poste de refoulement MAG07 Crosmain est présenté en annexe (cf Annexes 14 à 16 pour les débits journaliers et Annexes 17 à 20 pour les débits horaires).

En fonction de la précision de ces différents éléments, des méthodes ont été utilisées afin d'approcher au mieux les volumes transitant dans les réseaux.

2.3 Détermination des eaux usées et des eaux parasites d'infiltration

Les eaux parasites d'infiltration sont des eaux claires qui s'introduisent anormalement dans les réseaux d'eaux usées par des défauts structurels (canalisations, regards, branchements,...). Afin d'évaluer la part des eaux usées et la part des eaux parasites d'infiltration transitant dans le réseau, la méthode du débit minimum nocturne a été utilisée. Cette méthode est applicable en temps sec pour des données horaires de débit. En effet, en faisant l'hypothèse que le débit nocturne des eaux usées est nul, le débit nocturne minimum peut être assimilé au débit d'eaux parasites :

$$Q_{ECP} = Q_{nm}$$

$$Q_{EU} = Q_T - Q_{ECP}$$

avec Q_{ECP} = débit journalier d'eaux parasites d'infiltration (m^3/j)

Q_{EU} = débit journalier d'eaux usées (m^3/j)

Q_T = débit total journalier mesuré (m^3/j)

Cependant, comme de nombreuses études l'ont montrée^[5], l'hypothèse d'un débit d'eaux usées nul, en période nocturne, n'est pratiquement jamais vérifiée. Il existe toujours un débit résiduel nocturne d'eaux usées proportionnel au débit moyen journalier. On a donc :

$$Q_{nm} = Q_{ECP} + K Q_{EU}$$

$$Q_T = Q_{ECP} + Q_{EU}$$

C'est-à-dire :

$$Q_{ECP} = \frac{Q_{nm} - K Q_t}{1 - K}$$

Le coefficient du débit résiduel K varie en fonction de la longueur du réseau et de la pente. Sur la base d'études menées sur des réseaux unitaires^[8], les valeurs suivantes sont adoptées : réseau long, pente faible : $K = 0.25$ à 0.35 et réseau court, pente forte : $K = 0.15$ à 0.25

Cette méthode a été utilisée pour les postes possédant des données horaires. Pour les autres postes, une détermination des débits journaliers les plus faibles pour les différentes périodes, nappe basse, nappe haute et intermédiaire, en temps sec a permis d'obtenir un débit total journalier moyen pour chaque période. La part du débit d'eaux parasites a été estimée en fonction des résultats sur les postes les plus proches en aval et en amont avec des données plus précises.

Les diagrammes suivants (cf Figure 7,8 et 9) présentent les résultats obtenus pour les bassins de collectes de la STEP Est.

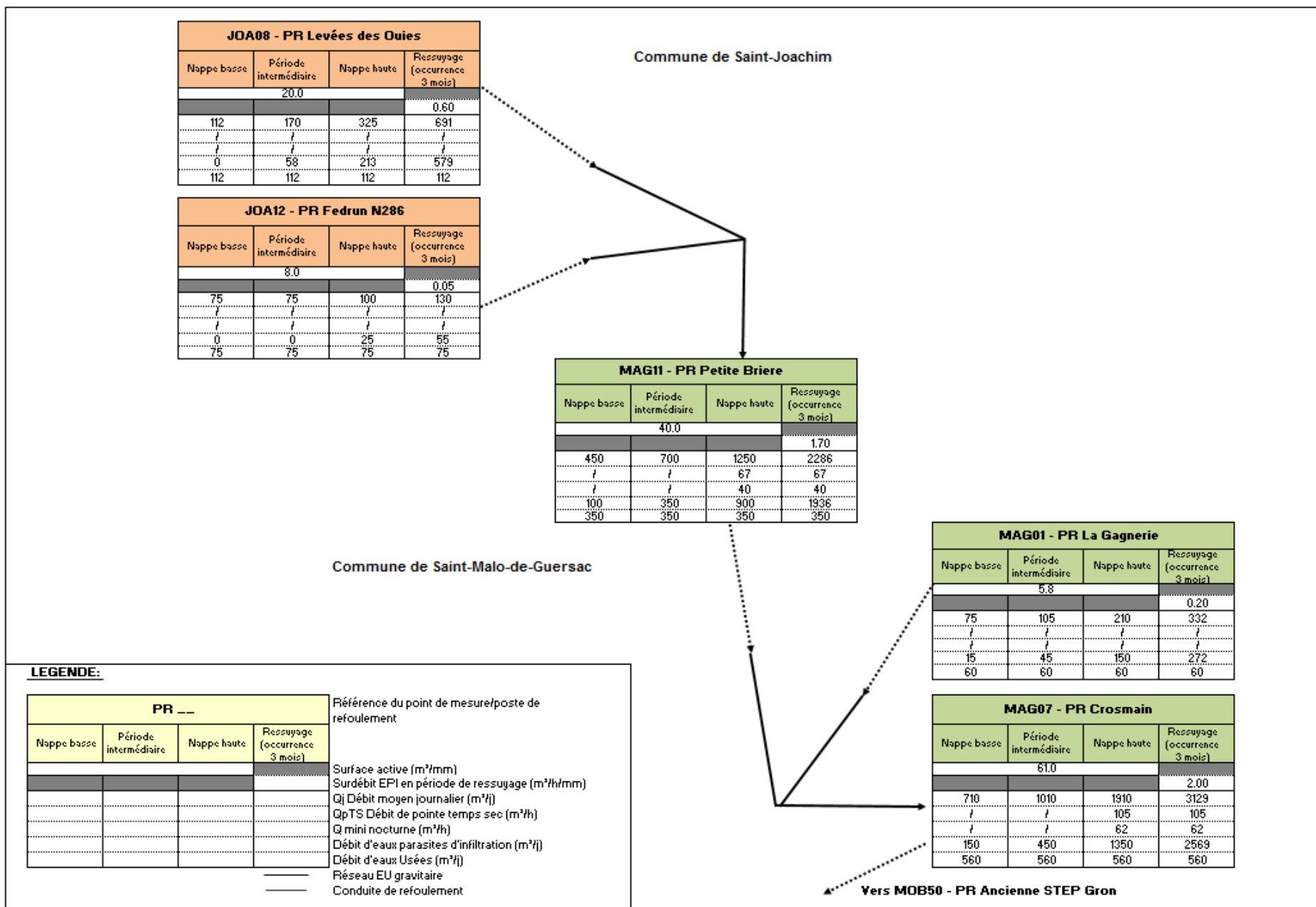


Figure 7 : Bilan hydraulique sur les communes de Saint-Joachim et Saint-Malo-de-Guersac

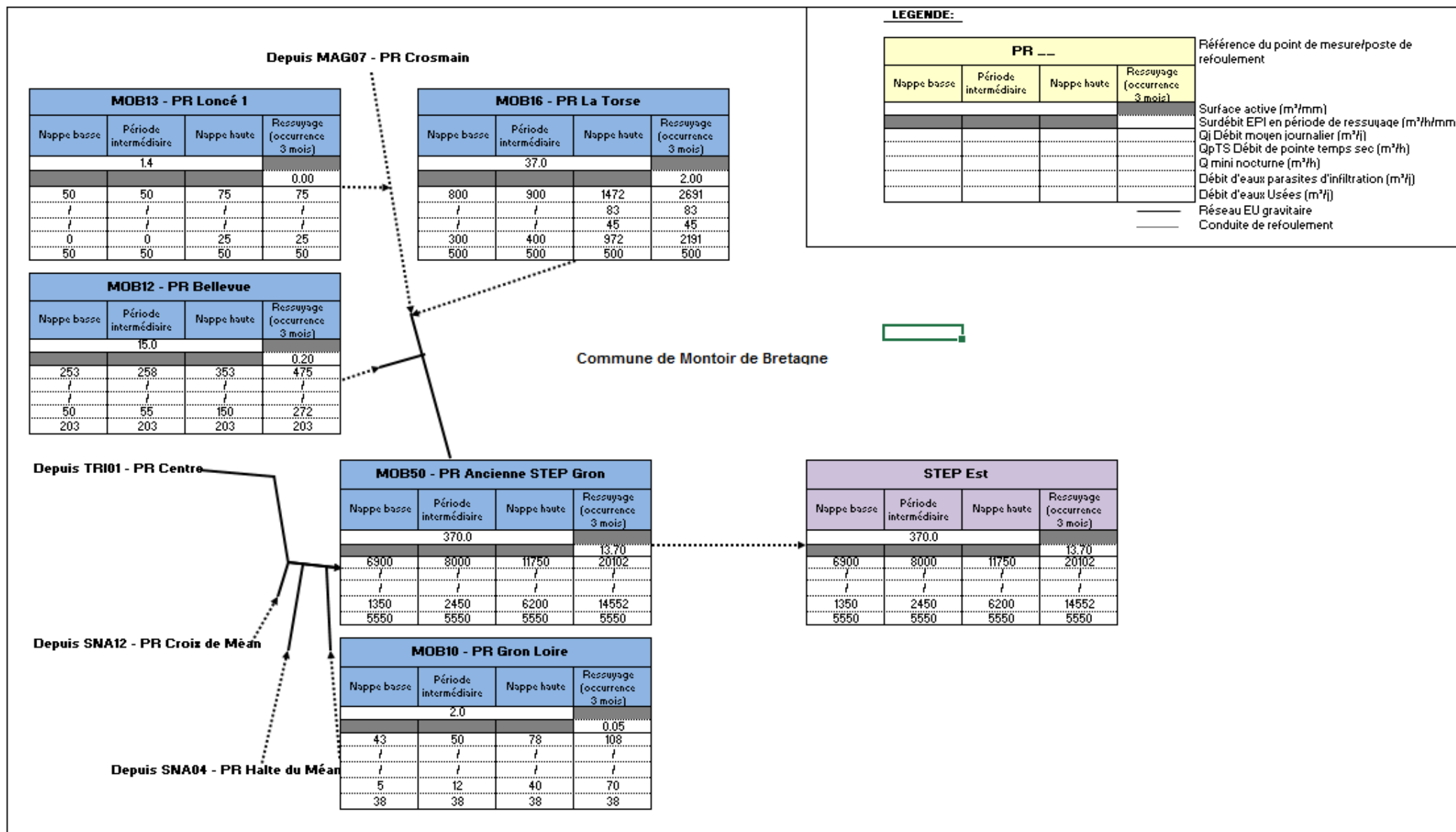


Figure 8 : Bilan hydraulique sur la commune de Montoir de Bretagne

LEGENDE:

PR __			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)

Référence du point de mesure/poste de refoulement

- Surface active (m²/mm)
- Surdébit EPI en période de resuyage (m³/h/mm)
- Qj Débit moyen journalier (m³/j)
- Qp TS Débit de pointe temps sec (m³/h)
- Q mini nocturne (m³/h)
- Débit d'eaux parasites d'infiltration (m³/j)
- Débit d'eaux Usées (m³/j)
- Réseau EU gravitaire
- Conduite de refoulement

Commune de Saint-Nazaire

Commune de Trignac

Vers MOB50 - PR Ancienne STEP Gron

Vers MOB50 - PR Ancienne STEP Gron

SNA30 - PR Quebrais			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
8.0			
			0.25
300	300	350	512
?	?	?	?
30	30	30	242
270	270	270	270

SNA10 - PR Immaculée			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
6.0			
			0.20
150	180	200	322
?	?	?	?
10	40	60	182
140	140	140	140

SNA11 - PR Bougainville			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
98.0			
			5.00
2000	2200	3400	6442
?	?	?	?
200	400	800	4842
1800	1800	1800	1800

SNA21 - PR Coubertin			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
20.0			
			1.00
560	630	820	1430
?	?	?	?
60	130	320	930
500	500	500	500

TRI01 - PR Centre			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
26.0			
			1.20
460	500	750	1482
?	?	?	?
110	150	400	1132
350	350	350	350

TRI15 - PR Auchan			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
13.2			
			0.30
275	300	420	603
?	?	?	?
105	130	250	433
170	170	170	170

SNA12 - PR Croix de Méan			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
170.0			
			7.50
3380	3750	5300	9872
?	?	?	?
450	820	2370	6342
2930	2930	2930	2930

SNA04 - PR Halte du Méan			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
51.0			
			0.60
1100	1340	1650	2016
?	?	?	?
250	430	800	1666
850	850	850	850

SNA03 - PR Gautier			
Nappe basse	Période intermédiaire	Nappe haute	Resuyage (occurrence 3 mois)
33.0			
			1.80
729	819	1013	2100
?	?	?	?
30	180	274	1471
639	639	639	639

Figure 9 : Bilan hydraulique sur la commune de Trignac et la partie Est de la commune de Saint-Nazaire

2.4 Détermination des eaux de ressuyage

Le phénomène de ressuyage se produit principalement en période de nappe haute, à la suite d'un événement pluvieux. Une partie du volume d'eau généré par la pluie s'infiltré dans le sol et vient recharger presque instantanément la nappe superficielle qui est, lors de fortes précipitations, complètement rechargée. Le volume infiltré est alors drainé par les réseaux d'assainissement pendant quelques jours, en moyenne de 3 à 5 jours. Ce phénomène entraîne donc une augmentation passagère de la densité d'infiltration.

La méthodologie utilisée pour déterminer les volumes d'eaux parasites de ressuyage consiste à calculer pour des épisodes pluvieux significatifs l'augmentation du débit d'eaux parasites généré. Ce calcul a été effectué à partir des hydrogrammes mensuels. Une corrélation est ensuite recherchée entre les hauteurs de précipitation et l'augmentation du débit d'eaux claires parasites d'infiltration. Un coefficient de ressuyage représentant l'apport d'eaux parasites supplémentaires est ainsi calculé. Une fois les corrélations déterminées, une extrapolation peut être réalisée pour des pluies de projet d'occurrence 1, 3 et 6 mois. Le résultat obtenu pour le poste de refoulement MAG07 Crosmain est présenté page suivante (cf Figure 10).

Pour ce poste, le coefficient de ressuyage est de $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{mm}$, ce qui correspond à un apport d'eaux parasites d'infiltration en période de de ressuyage de $1219 \text{ m}^3/\text{j}$ après une pluie d'occurrence trimestrielle ($25,4 \text{ mm}/\text{j}$). Ce volume est conséquent ; il représente environ deux fois le volume d'eaux usées collectés et double la quantité d'eaux parasites infiltrées dans le réseau.

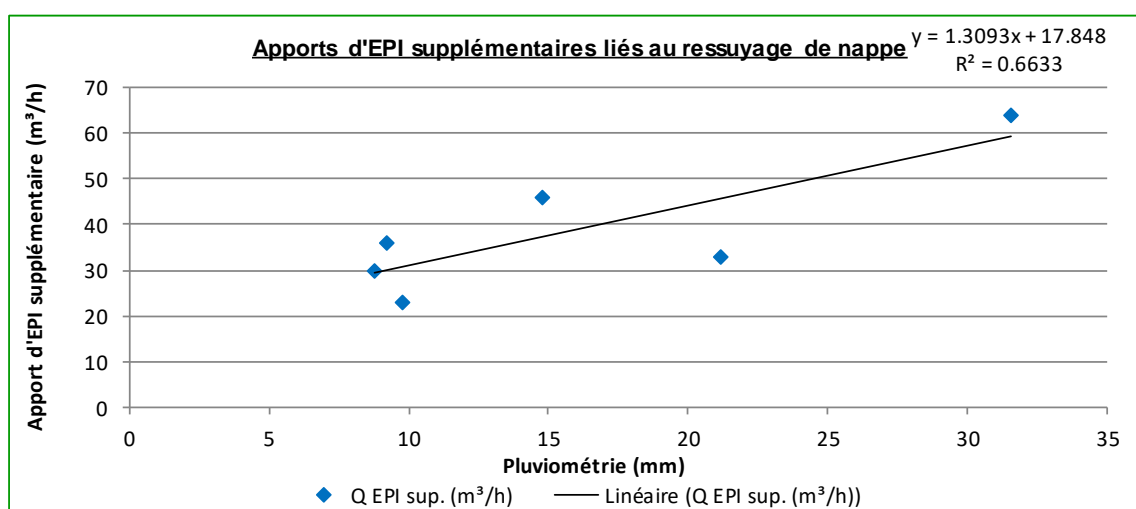
Pour les postes de refoulement sans données horaires, le coefficient de ressuyage a été estimé en fonction des postes avec des données précises les plus proches en amont et en aval. La cohérence de l'évaluation est confirmée par les hydrogrammes journaliers disponibles.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus montrent que les volumes d'infiltration liés au phénomène de ressuyage de nappe sont non négligeables. Ce paramètre est donc une caractéristique importante de la zone étudiée. Mais ces débits restent difficiles à caractériser finement car ils dépendent non seulement des événements pluvieux mais de leurs antécédents et de la saison^[2].

PR MAG07 Crosmain

Apports d'EPI supplémentaires collectés par le réseau EU en période de ressuyage

Date / Période	Pluie observée (mm)	Q EPI sup. (m³/h)	Durée période de ressuyage (j)
22/01/2016	9.8	23.0	3.0
29/01/2016	14.8	46.0	4.0
11/02/2016	21.2	33.0	2.0
17/02/2016	9.2	36.0	4.0
24/02/2016	31.6	64.0	3.0
04/03/2016	8.8	30.0	3.0



Apport EPI supplémentaires (m³/h/mm) 2.00

Débit collecté

Pluie de référence	Hauteur de pluie (mm)	Débit EPI en nappe haute (m³/j)	Surdébit en ressuyage (m³/j)	Débit total EPI en ressuyage (m³/j)
Mensuelle	16.6	1350	797	2147
Trimestrielle	25.4		1219	2569
Semestrielle	30.4		1459	2809

Figure 10 : Fiche de détermination des apports d'eaux parasites d'infiltration supplémentaires en période de ressuyage sur le site MAG07 Crosmain, Saint-Malo-de-Guersac

2.5 Détermination des eaux pluviales

Dans le cas des réseaux séparatifs d'eaux usées, les eaux pluviales représentent des apports d'eaux indésirables. En effet, ces réseaux ne sont pas dimensionnés pour les faire transiter. Il se produit donc des surcharges et des surverses vers le milieu récepteur. Il est ainsi nécessaire de quantifier ces apports dans le réseau.

Pour cela, la méthode mise en place consiste à comparer le volume ruisselé généré avec la hauteur de précipitation de l'évènement correspondant. Le volume ruisselé est déterminé en superposant la courbe moyenne journalière de débit de temps sec avec des courbes de débit par temps de pluie pour des évènements caractéristiques. Ces évènements sont choisis préférentiellement précédés d'une période de temps sec avec des hauteurs et durées variables afin d'obtenir un échantillon représentatif. Cette méthode a été appliquée sur des hydrogrammes de débit horaire pour des évènements entre janvier et mars 2016. Le volume d'eaux pluviales est alors calculé à partir de l'aire de la zone entre les deux courbes.

Pour chaque site, une corrélation linéaire a ensuite été faite entre la hauteur précipitée et le volume ruisselé. Un exemple de corrélation volume ruisselé-hauteur précipitée est présentée pour le site MAG07 Crosmain (cf Figure 11). Pour ce cas, le coefficient obtenu est de $62 \text{ m}^3/\text{mm}$. Cela correspond à une surface active de 6,2 ha.

COMMUNE DE SAINT MALO DE GUERSAC
RESEAU E.U.

CALCUL DES APPORTS D'ORIGINE PLUVIALE
CORRELATION VOLUME RUISSELE - PLUVIOMETRIE

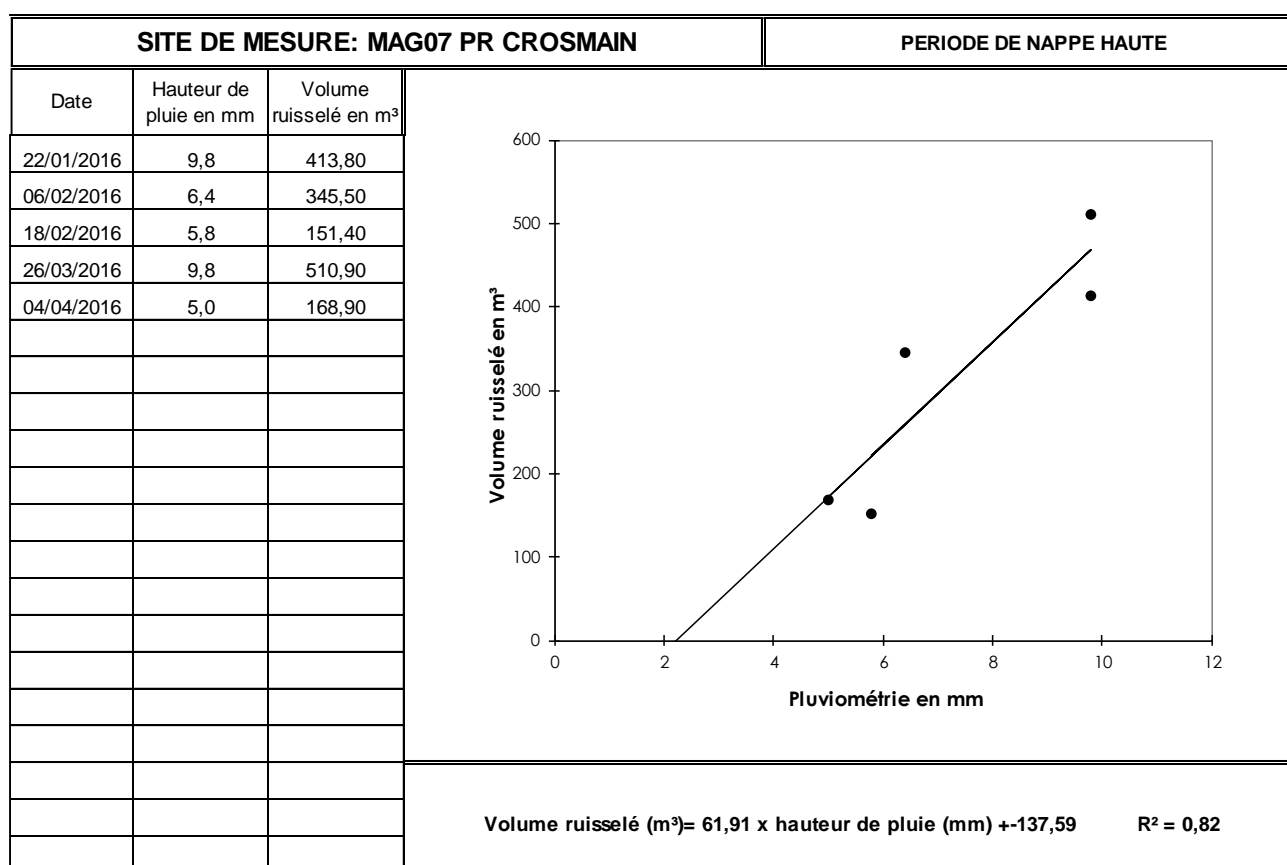


Figure 11 : Corrélation linéaire entre la hauteur précipitée et le volume ruisselé pour le site MAG07 Crosmain, Saint-Malo-de-Guersac

Le coefficient directeur de la droite permet de déterminer la surface active responsable des apports d'eaux pluviales dans le réseau d'eaux usées. En effet, la surface active peut être calculée à partir de l'équation suivante :

$$S_a = 1\,000 \frac{V_r}{H}$$

avec S_a : Surface active (m^2)

V_r : Volume ruisselé (m^3)

H : Hauteur de précipitation (mm)

Or, le coefficient directeur a de la corrélation est égale au rapport entre le volume ruisselé et la hauteur de précipitation. Le résultat suivant peut donc être mis en évidence :

$$S_a = 1\,000 a$$

Pour les sites sans données de débit horaires, l'étude des hydrogrammes journaliers a permis de mettre en relation la hauteur précipitée avec le pic de débit généré par un évènement. Les mêmes types de corrélation ont donc pu être tracés et une surface active déterminée.

2.6 Analyse des déversements

Afin d'analyser les déversements au niveau des surverses du réseau d'eaux usées de la CARENE, la première étape a été de constituer une liste des ouvrages de déversement installés sur le réseau. Cette liste a pu être préparée en croisant les différents documents en possession : les manuels d'autosurveillance des communes réalisés entre 2010 et 2014, une liste de trop-pleins fournie par le maître d'ouvrage, les données des volumes surversés par ouvrage de déversement et des fiches de poste de refoulement réalisées lors d'un diagnostic du réseau d'assainissement effectué par SAUNIER en 2006. Les fiches de poste réalisées par ARTELIA dans le cadre de cette étude étaient en cours de préparation et n'ont donc pas pu être utilisées. Les échanges avec le maître d'ouvrage ont été nécessaires afin d'éclaircir les incohérences entre les différents documents. L'inventaire final obtenu présente 46 trop-pleins sur l'ensemble du réseau de l'aire d'étude (cf Annexes 21 et 22). Les trop-pleins sont les seuls types d'ouvrages de déversement présents.

A partir de cet inventaire, une analyse des données disponibles sur les surverses en fonction de l'instrumentation mise en place sur chaque ouvrage a été menée. Les données correspondent soit à des volumes journaliers déversés soit à des durées de déversement journalières. Elles s'étendent de 2013 à 2017, avec des lacunes pour certains sites. Ces valeurs ont ensuite été mises en relation avec la pluviométrie journalière. L'objectif est de déterminer le seuil et l'occurrence des surverses. Ces paramètres peuvent différer entre l'été et l'hiver car les conditions hydrologiques sont différentes.

Le tableau suivant présente les résultats obtenus pour les communes de Saint-Joachim et Saint-Malo-de-Guersac (cf Tableau 7). Les tableaux concernant les huit autres communes sont présentés en annexe (cf Annexes 23 à 28).

Tableau 7 : Résultats d'analyse des surverses sur les communes de Saint-Joachim et Saint-Malo-de-Guersac

Commune		SAINT JOACHIM			SAINT MALO DE GUERSAC		
Poste de refoulement lié au trop plein		JOA06 Brecun	JOA11 Millaud	JOA12 Fedrun N286	MAG06 Le Pin	MAG07 Crosmain	MAG11 Petite Brière
Identifiant du trop plein		TP31	TP32	TP33	TP34	TP35	TP36
Flux polluant transitant en temps sec (EH)		<500	<500	750	<500	5 600	3 500
Type de capteur de métrologie		durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	débitmètre	durée de surverse et débitmètre
Surverses Temps sec	Surverse: OUI/NON	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
	Nombre de surverse 2013	0	0	0	2	3	
	Nombre de surverse 2014	0	5	24		26	26
	Nombre de surverse 2015			5		0	12
	Nombre de surverse 2016	0	3	2	2	0	2
	Nombre de surverse 2017	0	2	1	1	2	5
	Débit déversé cumulé (m³)	-	-	-	-	18 844	55 999
	Durée de déversement cumulée (heures)	0	112	437	3	-	467
Observations		pannes PR	pannes PR 2014		effet ressuyage		
Surverses Temps de pluie	Surverse: OUI/NON	NON	OUI	OUI	NON	OUI	OUI
	Nombre de surverse 2013	0	3	0	0	13	
	Nombre de surverse 2014	0	11	0		21	20
	Nombre de surverse 2015			0		22	29
	Nombre de surverse 2016	0	3	6	0	18	18
	Nombre de surverse 2017	0	0	0	0	0	7
	Débit déversé cumulé (m³)	-	-	-	-	46 100	85 210
	Durée de déversement cumulée (heures)	0	183	46	0	-	710
	Seuil de surverse (mm de pluie)	été : >27,4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : 25,8	été : 27.4 hiver : 25,8	été : >27,4 hiver : >35.6	été : 27.4 hiver : 10	été : 27,4 hiver : 7
	Fréquence ou occurrence des surverses (mois)	>1 an	été : >3 mois hiver : 3 mois	3 mois	>1 an	été : 3 mois hiver : 0.5 mois	été : 3 mois hiver : 0.5 mois
Observations							

Sur ces deux communes, les deux postes à surveiller sont ceux de Crosmain et de Petite Brière. Ces postes ont tendance à surverser dès une pluie d'occurrence mensuelle en hiver et trimestrielle en été. De plus, ce phénomène est accentué en nappe haute par l'effet du ressuyage, notamment au niveau du poste de Crosmain. Ces déversements sont problématiques d'autant plus qu'ils impactent la qualité du cours d'eau du Brivet et sont à proximité du Marais. Ces deux milieux sont des zones sensibles. La mise en place d'aménagements pour améliorer ces conditions est une demande du maître d'ouvrage. Les postes de Fedrun N286 et Millaud déversent pour une pluie d'occurrence trimestrielle. Cependant ces postes sont de plus faible capacité, inférieure à 2 000 EH, et ne sont donc pas prioritaires.

Sur l'ensemble des communes, les principaux ouvrages de capacité supérieure à 2 000 EH occasionnant de nombreux déversements sont aux nombres de sept : DON01 STEP Donges Gare, MOB16 La Torse, MAG07 Crosmain, MAG11 Petite Brière, SNA20 Brais, SNA50 Sautron, TRI01 Trignac Centre. Des aménagements seront à prévoir sur ces sites afin de réduire les impacts des surverses sur le milieu naturel récepteur.

En conclusion de cette partie diagnostic, il est à noter que la qualité des données disponibles impacte la fiabilité des résultats. De plus, de nombreuses données ont été fournies non validées et leur prise en compte a donc nécessité une analyse plus approfondie. Les échanges avec le maître d'ouvrage ont été indispensables pour réaliser cette étape et regrouper l'ensemble des informations nécessaires. Ce processus a allongé la durée de cette phase et retardé l'avancement du modèle.

3. MODELISATION DU RESEAU DE COLLECTE DES EAUX USEES DE LA STATION D'EPURATION EST

Afin de pouvoir analyser le comportement hydraulique du réseau et tester les aménagements, il m'a été demandé de réaliser deux modèles du réseau d'assainissement, un pour le bassin de collecte de la STEP Est et un pour celui de la STEP Ecozziennes. Les deux modèles ont été réalisés en suivant la même méthodologie. Dans cette partie, la construction du modèle de la station Est sur le logiciel CANOE (version 4.2.8) est détaillée. Ce logiciel français est un outil de modélisation hydrologique et hydraulique développé par L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon (INSA) et la société SOGREAH, devenue ARTELIA après sa fusion avec la société COTEBA en 2010.

3.1 Construction du modèle

3.1.1 Structure générale

Le réseau de la STEP Est couvre cinq communes, Montoir de Bretagne, Saint-Joachim, Saint-Malo-de-Guersac, Trignac et la partie Est de l'agglomération de Saint-Nazaire, et comprend 122 postes de refoulements. Ce réseau a été simplifié en conservant les postes sélectionnés dans la partie précédente sur les communes concernées ; cela revient à représenter 19 postes de refoulement. Concernant les canalisations, les conduites de refoulement ainsi que les conduites gravitaires reliant les postes choisis sont représentées comme sur l'organigramme de la STEP Est (partie 2.1). Pour le réseau gravitaire en amont des postes en tête de bassin, seules les conduites d'amenée gravitaires sont modélisées et transfèrent directement l'apport des bassins versants. Cette simplification peut engendrer une perte de précision sur l'allure générale de l'hydrogramme arrivant aux postes. De plus, les regards ne sont pas modélisés, il faut donc noter que la représentation du stockage dans les regards du réseau ne sera pas prise en compte dans ce modèle. Ces choix ont été fait dans une optique d'amélioration de la productivité, en augmentant au maximum l'efficacité et en diminuant faiblement la précision.

Comme ouvrages, en plus des postes de refoulement, les trois bassins tampon situés sur le réseau aux sites de Crosmain, La Torse et Ancienne STEP Gron sont représentés. Les 10 trop-pleins des postes modélisés sont également implantés.

La Figure 12 présente la structure générale du modèle de la STEP Est sur le logiciel CANOE.

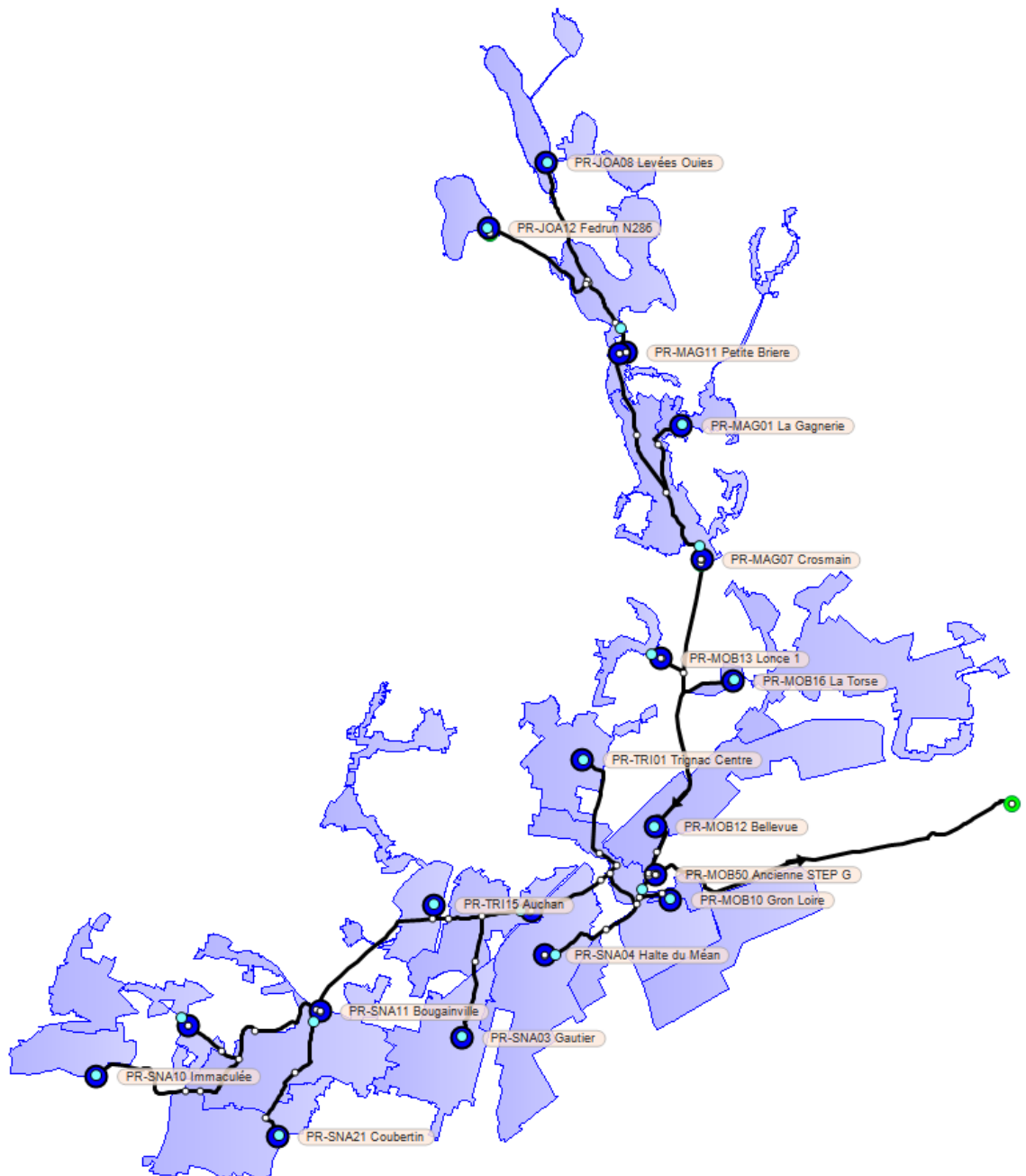


Figure 12 : structure générale du modèle de la STEP Est sur le logiciel CANOE

La construction des différents éléments du modèle est détaillée dans la suite de ce rapport.

3.1.2 Bassins versants

Les bassins versant intégrés au modèle correspondent aux bassins de collecte de chaque poste de refoulement. Le contour de ses bassins a été réalisé sous QGIS en tenant compte du Schéma Directeur d'Assainissement de la CARENE de 2006, des plans de réseau SIG et des plans de zonage réalisés par ARTELIA. Les bassins sont de type standard avec trois composantes principales : eaux usées, eaux pluviales calculées et eaux parasites.

- Eaux usées

Les débits d'eaux usées injectés au niveau des bassins versant sont issus de l'analyse des données de métrologie et sont renseignés sous la forme de patrons journaliers (cf Figure 13). Le patron est considéré identique chaque jour de l'année.

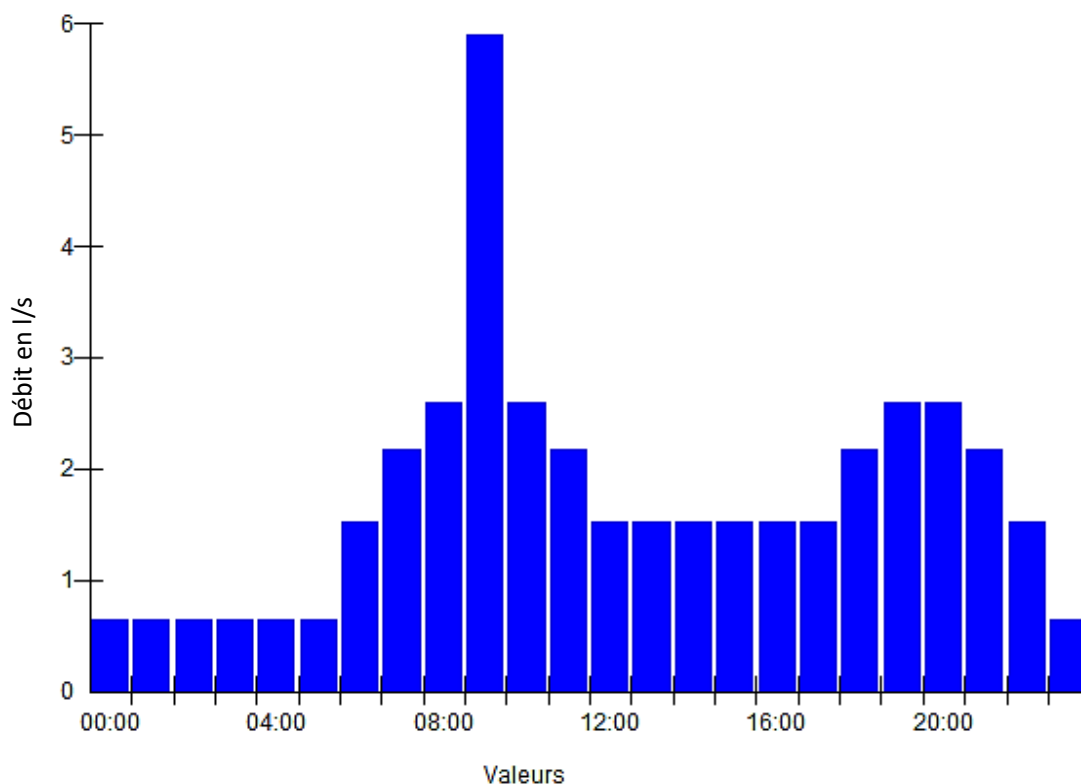


Figure 13 : Exemple de patron journalier des eaux usées pour le bassin versant de MAG07 Crosmain, Saint-Malo-de-Guersac

Le patron est déterminé pour chaque poste à partir du volume journalier d'eaux usées collectées. Le mode de construction de l'hydrogramme est détaillé dans le Tableau 8 ci-dessous, le débit Q_{eu} correspondant au débit moyen horaire en m^3/h .

Tableau 8 : Formules utilisées pour la construction du patron d'eaux usées journalier

Tranches horaires	Détail des formules
23h à 6h	$0.5Q_{eu} - \frac{(C_p - 1.5)Q_{eu}}{15}$
6h à 7h, 12h à 18h et 22h à 23h	$Q_{eu} - \frac{(C_p - 1.5)Q_{eu}}{15}$
7h à 8h, 11h à 12h, 18h à 19h et 21h à 22h	$1.25Q_{eu}$
8h à 9h, 10h à 11h et 19h à 21h	$1.5Q_{eu}$
9h à 10h	$C_p * Q_{eu}$

Le coefficient de pointe de temps sec C_p est calculé suivant la formule empirique suivante^[10] :

$$C_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{Q_{eu}/3.6}} \text{ avec } 1.5 \leq C_p \leq 4$$

Avec cette méthode, le patron présente l'allure moyenne classique de l'évolution du débit d'eaux usées dans une journée, avec un pic de rejet important le matin vers 9h et un deuxième pic plus faible en fin de journée. La nuit, de 23h à 6h, est la période de plus faible rejet.

- Eaux parasites d'infiltration

Les eaux parasites d'infiltration ont été déterminés par l'analyse des données de métrologie pour chaque bassin versant en considérant trois périodes par année : nappe haute du 15/12 au 01/05, nappe basse du 15/06 au 01/11 et période intermédiaire entre les deux. Pendant chaque période, les eaux parasites d'infiltration sont considérées constantes (cf Figure 14). Ce modèle est le même pour chaque année.

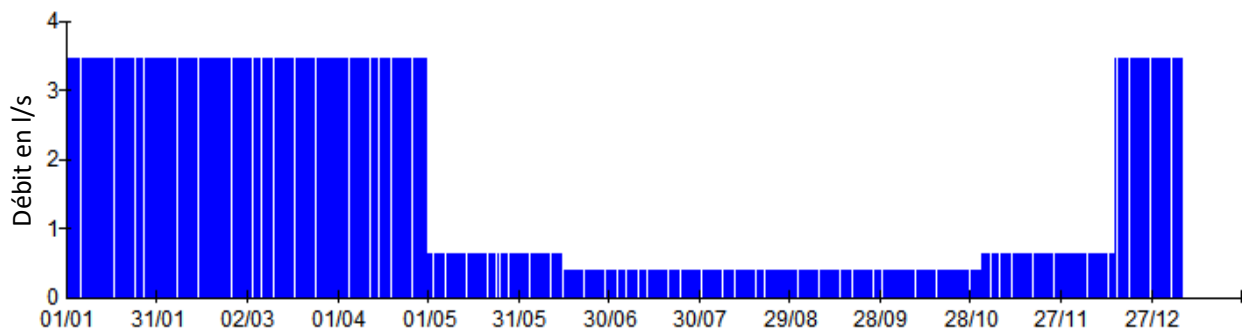


Figure 14 : Exemple de patron annuel d'eaux parasites d'infiltration pour le bassin versant de MAG07 Crosmain, Saint-Malo-de-Guersac

Cet apport est modélisé par la fonction « eaux parasites évoluant en fonction du temps » de l'onglet « eaux parasites » des bassins versants.

- Ressuyage de nappe

Le ressuyage de nappe est modélisé à l'aide de l'option « eaux parasites évoluant en fonction des évènements ». Cette fonction utilise un stock d'eau qui s'alimente pendant les périodes pluvieuses et se vidange avec le débit d'eaux parasites d'infiltration jusqu'à atteindre le débit minimum d'eaux parasites fixés précédemment et correspondant au débit d'eaux parasites sans ressuyage.

L'alimentation pendant les périodes pluvieuses est fixé par le débit maximum d'infiltration possible à la fin d'une pluie de 50 mm. Ce débit est déterminé pour chaque bassin versant à partir du coefficient de ressuyage obtenu par l'analyse des données de métrologie.

- Eaux pluviales

Les eaux pluviales sont générées par une surface dite active qui correspond à la surface imperméabilisée pour laquelle, en théorie, les eaux de ruissellement s'introduisent non pas dans le réseau eaux pluviales mais dans le réseau d'eaux usées.

Ainsi, dans le modèle, les surfaces actives des bassins versant sont entièrement constituées de surfaces imperméabilisées. Le pourcentage d'imperméabilisation correspondant au rapport entre la surface active et la surface totale du bassin, permet de représenter la surface active dans le modèle. Cependant, un ajustement a été nécessaire car la limite de précision est de l'ordre des unités pour le coefficient d'imperméabilisation. Pour chaque bassin versant, la surface totale du bassin a donc été modifiée à partir de la surface active estimée par temps de pluie et du pourcentage d'imperméabilisation. Les résultats pour chaque bassin sont présentés dans le tableau ci-dessous (cf Tableau 9) :

Tableau 9 : Ajustement de la surface totale pour chaque bassin versant du modèle

Nom du BV	Surface totale (ha)	Surface active calculée (m ³ /mm)	Surface active calculée (ha)	Pourcentage d'imperméabilisation calculé (%)	Pourcentage d'imperméabilisation modèle (%)	Surface totale ajustée (ha)
BV MAG01 La Gagnerie	51	5,8	0,58	1,14	1	58
BV MAG07 Crosmain	118	16,2	1,62	1,37	1	162
BV MAG11 Petite Briere	150	12,0	1,20	0,80	1	120
BV JOA08 Levées Ouies	75	20,0	2,00	2,66	3	67
BV JOA12 Fedrun N286	41	8,0	0,80	1,97	2	40
BV TRI01 Trignac Centre	101	26,0	2,60	2,57	3	87
BV TRI15 Auchan	129	13,2	1,32	1,02	1	132
BV MOB16 La Torce	267	37,0	3,70	1,39	1	370
BV MOB13 Loncé 1	28	1,4	0,14	0,49	1	14
BV MOB12 Bellevue	187	15,0	1,50	0,80	1	150
BV MOB50 Ancienne STEP Gron	151	5,6	0,56	0,37	1	56
BV MOB10 Gron Loire	152	2,0	0,20	0,13	1	20
BV SNA10 Immaculée	66	6,0	0,60	0,91	1	60
BV SNA30 Quebrais	115	8,0	0,80	0,69	1	80
BV SNA21 Coubertin	140	20,0	2,00	1,43	1	200
BV SNA11 Bougainville	218	64,0	6,40	2,94	3	213
BV SNA03 Gautier	142	33,0	3,30	2,32	2	165
BV SNA04 Halte du Méan	217	51,0	5,10	2,35	2	255
BV SNA12 Croix de Méan	109	25,8	2,58	2,37	2	129

Enfin, concernant les paramètres généraux des bassins versants, le plus long parcours de l'eau correspond au plus long chemin hydraulique du bassin de collecte dans son ensemble et la pente a la pente moyenne de ce plus long parcours.

3.1.3 Ouvrages

- Postes de refoulement :

Le modèle du bassin de collecte de la STEP Est comprend 19 postes de refoulement. Les caractéristiques des postes telles que les dimensions de la bêche, la cote de la conduite d'amenée, le débit et la hauteur de marnage des pompes sont issues des données fournies par la CARENE, des plans des ouvrages dimensionnés par le bureau d'étude ARTELIA et des données de terrain. Les données de terrain correspondent notamment aux fiches de poste réalisés dans le cadre du SDA. La création du modèle a donc été coordonnée avec la réalisation des fiches de poste en hiérarchisant les sites à étudier en fonction des données d'entrées manquantes. Concernant les débits des pompes, quelques tarages ont dû être effectués pour combler l'absence de données. La cohérence des débits obtenus est vérifiée avec les diamètres de refoulement à l'aide d'abaques de référence^[4].

Dans CANOE, les postes de refoulement ont été représentés comme des postes de relèvement afin de conserver la forme de l'hydrogramme en aval. En effet, une conduite de refoulement est une zone sous pression où le débit est donc en permanence le même à l'amont et à l'aval. La forme de l'hydrogramme est donc la même. Cependant, le logiciel CANOE utilise un artifice, la fente de Preissmann, pour représenter l'écoulement dans les conduites en charge pour le modèle de Barré de Saint Venant. La fente de Preissmann consiste à considérer la canalisation ouverte sur sa partie supérieure avec une fente jusqu'à la cote sol et donc reliée à l'air libre. Le calcul est ainsi approximé comme étant entièrement à surface libre, avec la hauteur d'eau dans la fente représentant fictivement la hauteur de mise en charge. Cette méthode a cependant tendance à artificiellement atténuer et décaler l'hydrogramme en aval.

Afin d'obtenir une représentation des phénomènes plus réaliste, la conduite sous pression est donc modélisée comme une conduite virtuelle de longueur très faible et fonctionnant gravitairement et la station de pompage comme une station de relèvement.

De plus, les baches de pompage sont représentées par des chambres à l'amont de chaque pompe afin de stabiliser les calculs lors des simulations.

Enfin, tous les postes de refoulement sont modélisés avec des trop-pleins. Lorsque le poste possède un trop-plein dans la réalité, ces caractéristiques sont conservées dans le modèle. Les trop-pleins de poste situés dans le regard en amont de celui-ci sont également construits sur le poste. Si le poste ne possède pas de trop-plein, un ouvrage fictif est créé avec les caractéristiques suivantes : diamètre cohérent avec les diamètres des conduites d'arrivée et de refoulement et cote à 50 cm du plafond. Ce choix permet de vérifier le dimensionnement des postes.

Les différents exutoires du réseau (trop pleins et arrivée à la STEP) ont une condition aval de type hauteur critique.

- Bassins tampons :

Le réseau de collecte de la STEP Est comprend trois bassins tampons. La liste des bassins et leur capacité est présentée dans le tableau ci-dessous (cf Tableau 10) :

Tableau 10 : Capacité des bassin tampons présents sur le modèle de la station d'épuration Est

Commune	Nom	Capacité (m ³)
Montoir de Bretagne	BT MOB50 Ancienne STEP Gron	3 150
	BT MOB16 La Torse	235
Saint-Malo-de-Guersac	BT MAG07 Crosmain	350

Tous les bassins sont représentés de la même façon. Les bassins sont enterrés avec un remplissage et une vidange gravitaire à partir du poste de refoulement. Le fonctionnement des bassins est donc optimisé. Ce point sera à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats.

De plus, les surverses sont sur les bassins tampons pour les postes associés à des bassins, et non sur les postes. Cela concerne les postes de Crosmain et de La Torse. Le site Ancienne STEP Gron possède une surverse sur son bassin et son poste de refoulement.

3.1.4 Pluie de projet

Une pluie de projet est une pluie fictive définie par un hyétogramme synthétique et statistiquement équivalent à un ensemble de pluies^[10]. L'utilisation d'une pluie de projet permet ainsi de représenter la sollicitation du système d'assainissement par l'ensemble des caractéristiques pluviométriques locales avec un seul évènement.

Trois pluies de projet avec des périodes de retour différentes ont été représentées : mensuelle, trimestrielle et semestrielle. Ces pluies ont été élaborées sous la forme de pluies double triangle symétrique à partir des données de Météo-France de la station Saint-Nazaire-Montoir (cf Tableau 11). Les statistiques ont été établies sur la période d'observation 1991-2008.

Tableau 11 : Hauteurs estimées pour des fréquences d'apparition mensuelle, trimestrielle et semestrielle

Fréquence d'apparition	Pluie de durée 1 heure Hauteur estimée (mm)	Pluie de durée 24 heures Hauteur estimée (mm)
Mensuelle	5.5 ± 0.1	16.6 ± 0.3
Trimestrielle	7.6 ± 0.1	25.4 ± 0.4
Semestrielle	9.3 ± 0.1	30.4 ± 0.5

Les pluies ont été construites de façon à ce que la hauteur d'eau de la pluie intense soit égale à la hauteur d'eau d'une pluie d'une heure et que la hauteur totale de la pluie soit

équivalente à la hauteur d'eau d'une pluie de 24 heures. De plus, les pluies de projet ont une durée totale de 6 heures et une durée de pluie intense de 2 heures (cf Annexes 29 à 31).

3.1.5 Paramètres de modélisation

Les différentes simulations ont été réalisées avec le modèle hydraulique de Barré de Saint Venant 3. Ce modèle cherche à représenter les phénomènes physiques réels qui se déroulent à l'intérieur du réseau. Cependant, il génère parfois des volumes d'eau parasite, soit parce que la simulation est instable, soit parce que les temps de calcul sont trop longs.

Ce modèle est basé sur deux équations :

- L'équation de conservation de la masse de fluide :

$$\frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial t} = 0$$

- L'équation dynamique qui exprime l'équilibre entre les forces motrices (pente et inertie) et les forces résistantes de frottement :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\alpha}{2} \frac{\partial V^2}{\partial x} + g \frac{\partial Y}{\partial x} + gKV|V| = 0$$

Avec pour les deux équations : x : abscisse longitudinale (m)

t : temps (s)

Y(x,t) : cote de la surface libre (m)

V(x,t) : vitesse moyenne de l'écoulement (m²/s)

Q(x,t) : débit (m³/s)

B(x,Y) : largeur miroir (m) ;

g : accélération due à la pesanteur (m/s²)

α : coefficient de répartition des vitesses (sans dimension)

K : coefficient de perte de charge (s²/m²)

Ces équations sont résolues en appliquant une méthode implicite de différences finies permettant une discrétisation du temps et de l'espace, selon le schéma de Preissmann (schéma à six pas). Cette discrétisation conduit à un système matriciel linéaire, résolu par une méthode itérative.

L'autre modèle de simulation possible avec le logiciel CANOE est le modèle de Muskingum. Ce modèle de simulation est plus stable et ne produit aucun débit parasite. Cependant il ne prend pas en compte les influences aval et représente donc moins précisément les phénomènes physiques réels. Il sera donc simplement utilisé pour faire des simulations rapides et sans risque du réseau.

Le tableau page suivante présente les principaux paramètres choisis pour les simulations avec le modèle de Barré de Saint Venant 3 afin de garantir un maximum de précision (cf Tableau 12).

Tableau 12 : Principaux paramètres choisis pour les simulations sous CANOE

Paramètre	Etat (ou valeur)	Commentaire
Paramètres concernant le déroulement du calcul		
Pas de temps	Automatique	Le pas de temps s'ajuste automatiquement selon la « facilité de convergence » du modèle
Pas d'espace	10 m	Ce faible pas d'espace est nécessaire pour pouvoir modéliser correctement les fortes ruptures de pente et les chutes qui ont lieu sur la commune
Amortisseurs	Automatique	Les amortisseurs facilitent la convergence du modèle mais peuvent fausser les calculs. Le logiciel choisit automatiquement le niveau minimum pour stabiliser la solution.
Paramètres concernant la convergence		
Débits minimum	0.0001 m ³ /s	C'est la valeur la plus faible possible. Cela permet de minimiser les éventuels débits parasites non filtrés.
Nombre d'itération maximum	99	C'est la valeur maximale possible. Cela signifie que le modèle effectue au maximum 99 itérations par pas de temps.

3.2 Calage du modèle

Le calage du modèle est une étape essentielle permettant d'ajuster les paramètres hydrauliques de façon à se rapprocher le plus possible des données mesurées et observées. Cette étape est réalisée pour le temps sec puis pour le temps de pluie, en comparant les résultats à des données obtenues pour des événements pluvieux représentatifs. Cependant, dans le cas de cette étude, les données mesurées disponibles sur la majorité des sites ne sont pas assez précises pour pouvoir caler le modèle. Le choix a donc été fait de caler le modèle sur les pluies de projets. Les principales étapes et modifications sont présentées dans cette partie.

3.2.1 Analyse du modèle avant calage

Les simulations ont été faites pour des conditions de temps sec puis pour les trois pluies de projet, à chaque fois en nappe basse, en nappe haute et en nappe haute avec ressuyage. Lors des simulations, le pic d'intensité pluviométrique a été synchronisé avec l'heure de pointe matinale (9h) afin d'observer le cas le plus défavorable.

Les résultats cibles concernent principalement les volumes afin de pouvoir analyser les surverses sur le réseau et dimensionner les aménagements nécessaires. Les tableaux suivants présentent les volumes journaliers obtenus en entrée de poste de refoulement en temps sec et pour une pluie de projet mensuelle (cf Tableau 13 et 14).

Tableau 13 : Comparaison des débits journaliers mesurés et simulés en période de temps sec

Période de temps sec							
Poste de refoulement		Temps sec nappe basse			Temps sec nappe haute		
Identifiant	Nom	Débit mesuré (m ³ /j)	Débit simulés (m ³ /j)	Pourcentage d'erreur (%)	Débit mesuré (m ³ /j)	Débit simulés (m ³ /j)	Pourcentage d'erreur (%)
JOA08	Levées Ouies	112	123	10	325	317	-2
JOA12	Fedrun N286	75	99	32	100	115	15
MAG01	La Gagnerie	75	78	4	210	197	-6
MAG07	Crosmain	710	664	-6	1910	1790	-6
MAG11	Petite Briere	450	474	5	1250	1216	-3
MOB10	Gron Loire	43	36	-16	78	51	-35
MOB12	Bellevue	253	392	55	353	492	39
MOB13	Loncé 1	50	67	34	75	79	5
MOB16	La Torce	800	799	0	1472	1470	0
MOB50	Ancienne STEP Gron	6900	6788	-2	11750	11575	-1
SNA03	Gautier	729	729	0	1013	1011	0
SNA04	Halte du Méan	1100	1100	0	1650	1648	0
SNA10	Immaculée	150	150	0	200	189	-6
SNA11	Bougainville	2000	1932	-3	3400	3323	-2
SNA12	Croix de Méan	3380	3420	1	5300	5279	0
SNA21	Coubertin	560	466	-17	820	725	-12
SNA30	Quebrais	300	311	4	360	370	3
TRIO1	Trignac Centre	460	467	2	750	757	1
TRI15	Auchan	275	227	-17	420	373	-11

Tableau 14 : Comparaison des débits journaliers mesurés et simulés pour une pluie de projet mensuelle

Pluie de projet mensuelle										
Poste de refoulement		Temps de pluie nappe basse			Temps de pluie nappe haute			Temps de pluie nappe haute avec ressuyage		
Identifiant	Nom	Débit mesuré (m³/j)	Débit simulés (m³/j)	Pourcentage d'erreur (%)	Débit mesuré (m³/j)	Débit simulés (m³/j)	Pourcentage d'erreur (%)	Débit mesuré (m³/j)	Débit simulés (m³/j)	Pourcentage d'erreur (%)
JOA08	Levées Ouies	444	444	0	657	649	-1	896	757	-16
JOA12	Fedrun N286	208	205	-1	233	239	3	253	249	-2
MAG01	La Gagnerie	171	164	-4	306	292	-5	386	328	-15
MAG07	Crosmain	1723	1633	-5	2923	2697	-8	3720	2863	-23
MAG11	Petite Briere	1263	1221	-3	2063	1903	-8	2740	2084	-24
MOB10	Gron Loire	76	61	-20	111	86	-23	131	93	-29
MOB12	Bellevue	502	639	27	602	741	23	682	778	14
MOB13	Loncé 1	73	85	16	98	105	7	98	109	11
MOB16	La Torce	1414	1415	0	2086	2085	0	2883	2446	-15
MOB50	Ancienne STEP Gron	13042	12773	-2	17892	17204	-4	23350	19167	-18
SNA03	Gautier	1277	1262	-1	1561	1546	-1	2278	1871	-18
SNA04	Halte du Méan	1947	1945	0	2497	2494	0	2736	2602	-5
SNA10	Immaculée	250	247	-1	300	294	-2	380	330	-13
SNA11	Bougainville	3627	3512	-3	5027	4916	-2	7019	5813	-17
SNA12	Croix de Méan	6202	6218	0	8122	8102	0	11110	9363	-16
SNA21	Coubertin	892	798	-11	1152	1058	-8	1550	1239	-20
SNA30	Quebrais	433	442	2	493	502	2	593	548	-8
TRI01	Trignac Centre	892	898	1	1182	1189	1	1660	1406	-15
TRI15	Auchan	494	446	-10	639	592	-7	759	646	-15

Le pourcentage d'erreur calculé correspond à l'écart relatif entre le volume simulé et le volume mesuré. Différents problèmes sont mis en évidence :

- Pour les petits volumes journaliers et donc les faibles débits, la stabilisation de l'écoulement du débit est difficile. Ce phénomène est observable sur les sites de Gron Loire, Loncé 1 et Fedrun N286 en temps sec. Cela impacte également l'ajustement du filtre appliqué sur les débits et fausse les résultats.
- Pour les sites de Bellevue et Gron Loire, un décalage important de l'hydrogramme lors de l'écoulement dans la conduite d'aménagé au poste est observé. Le volume journalier est augmenté artificiellement pour Bellevue et diminué pour Gron Loire.
- En période de ressuyage, les volumes simulés sont inférieurs d'environ 15% au volumes mesurés quasiment pour tous les sites. Les sites moins impactés sont ceux où le coefficient de ressuyage est faible. Les mêmes résultats sont observables pour les autres pluies de projet en période de ressuyage.

Dans les autres cas, les volumes simulés sont cohérents avec les volumes mesurés.

Pour caler le modèle et améliorer les résultats, une autre méthode a été testée afin de compenser le déficit de volume en période de ressuyage.

3.2.2 Prise en compte du ressuyage dans les eaux pluviales

À la suite des observations précédentes, le volume manquant en période de ressuyage est calculé pour chaque site et ajouté au volume d'eaux pluviales produit. Pour cela, le déficit de volume est transformé en un coefficient correspondant à la surface active supplémentaire nécessaire pour générer ce volume. Les surfaces totales sont alors ajustées avec les nouvelles surfaces actives, comme présenté dans la construction du modèle.

Les résultats pour les trois pluies de projet en période de ressuyage sont présentés (cf Tableau 15) :

Tableau 15 : Comparaison des débits journaliers mesurés et simulés en condition de nappe haute avec ressuyage pour les trois pluies de projet

Période de temps de pluie en nappe haute avec ressuyage										
Poste de refoulement		Pluie de projet mensuelle			Pluie de projet trimestrielle			Pluie de projet semestrielle		
Identifiant	Nom	Débit mesuré (m ³ /j)	Débit simulés (m ³ /j)	Pourcentage d'erreur (%)	Débit mesuré (m ³ /j)	Débit simulés (m ³ /j)	Pourcentage d'erreur (%)	Débit mesuré (m ³ /j)	Débit simulés (m ³ /j)	Pourcentage d'erreur (%)
JOA08	Levées Ouies	896	878	-2	1199	1196	0	1371	1377	0
JOA12	Fedrun N286	253	270	7	333	350	5	379	392	3
MAG01	La Gagnerie	386	385	0	479	483	1	532	539	1
MAG07	Crosmain	3720	2992	-20	4678	3336	-29	5223	3484	-33
MAG11	Petite Briere	2591	2420	-7	3302	2958	-10	3706	3215	-13
MOB10	Gron Loire	131	51	-61	159	68	-57	175	85	-51
MOB12	Bellevue	682	696	2	856	875	2	955	977	2
MOB13	Loncé 1	98	107	9	111	116	5	118	120	2
MOB16	La Torce	2883	2847	-1	3631	3454	-5	4056	3681	-9
MOB50	Ancienne STEP Gron	23350	19909	-15	29500	21334	-28	32994	21915	-34
SNA03	Gautier	2278	2240	-2	2948	2952	0	3329	3273	-2
SNA04	Halte du Méan	2736	2723	0	3311	3314	0	3638	3650	0
SNA10	Immaculée	380	371	-2	474	471	-1	528	527	0
SNA11	Bougainville	7019	6797	-3	8937	8747	-2	10027	9739	-3
SNA12	Croix de Méan	11110	10255	-8	14190	11657	-18	15940	12422	-22
SNA21	Coubertin	1550	1543	0	1938	1955	1	2158	2163	0
SNA30	Quebrais	593	589	-1	715	718	0	785	791	1
TRI01	Trignac Centre	1660	1612	-3	2142	2123	-1	2416	2414	0
TRI15	Auchan	759	619	-18	938	806	-14	1040	912	-12

Les écarts entre valeurs simulées et observées sont acceptables pour la plupart des postes. Au niveau de Gron Loire, les instabilités sont toujours observées. Les sites de Crosmain et Ancienne STEP Gron présentent encore des différences importantes qui s'accroissent avec l'augmentation de l'occurrence des pluies de projet. L'écart de volume au niveau de l'Ancienne STEP Gron est impacté par les écarts des autres postes. En effet, ce poste se situe avant la STEP Est et constitue donc le poste le plus à l'aval du réseau. Quant au poste de Crosmain, les déversements en amont au niveau du site de Petite Brière sont responsables du déficit de volume. L'augmentation du pic de débit généré lors des pluies de projet entraîne le passage au trop-plein et accentue les déversements. Cette méthode n'est donc pas entièrement satisfaisante pour représenter le ressuyage.

Le module utilisé pour modéliser ce phénomène, « eaux parasites évoluant en fonction des événements », n'est pas suffisant pour restituer correctement l'importance du ressuyage

dans la zone d'étude. Le choix a donc été fait d'abandonner son utilisation. Une dernière méthode a été testée sans le prendre en compte.

3.2.3 Prise en compte du ressuyage dans les eaux parasites

La dernière méthode utilisée consiste à modéliser le ressuyage comme un apport constant sur la journée, de la même façon que la modélisation des eaux parasites d'infiltration. Le volume généré en période de ressuyage pour chaque pluie de projet est ajouté au volume généré pour les eaux parasites pour chaque poste. Il est alors possible de tester différentes situations :

- en temps sec : nappe basse, nappe haute, nappe haute avec ressuyage provoqué par une pluie mensuelle, trimestrielle et semestrielle.
- avec une pluie de projet mensuelle : nappe basse, nappe haute, nappe haute avec ressuyage provoqué par une pluie mensuelle et trimestrielle.
- avec une pluie de projet trimestrielle : nappe basse, nappe haute, nappe haute avec ressuyage provoqué par une pluie mensuelle.
- avec une pluie de projet semestrielle : nappe basse, nappe haute.

Les autres conditions sont considérées comme exceptionnelles.

L'importance du phénomène de ressuyage au niveau de la zone d'étude ne peut pas être négligé. En effet, cela accentue notablement les déversements, notamment en hiver, et peut entraîner une surcharge de certains postes de refoulement, les rendant plus sensibles aux déversements. Le calage a donc été orienté sur la représentation de ce phénomène. Cependant, il reste très complexe à modéliser avec les moyens actuels.

3.3 Analyse des résultats des simulations

Les résultats obtenus au niveau des surverses lors des différentes simulations avec la dernière méthode sont présentés ci-dessous (cf Tableaux 16,17,18 et 19) :

Tableau 16 : Résultats des simulations en période de temps sec pour le réseau de la STEP Est

Période de temps sec												
Nom		Volume déversé (m³)					Débit de pointe déversé (m³/h)					TP
Bassin de collecte	Exutoire	Nappe basse	Nappe haute	Nappe haute ressuyage 1 mois	Nappe haute ressuyage 3 mois	Nappe haute ressuyage 6 mois	Nappe basse	Nappe haute	Nappe haute ressuyage 1 mois	Nappe haute ressuyage 3 mois	Nappe haute ressuyage 6 mois	Réel ou fictif
BV JOA08 Levées Ouies	JOA08 Levées Ouies-Aval JOA08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV JOA12 Fedrun N286	JOA12 Fedrun N286-Aval JOA12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV MAG01 La Gagnerie	MAG01 La Gagnerie-Aval MAG01-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MAG07 Crosmain	MAG07-1 Crosmain BT-Aval MAG07-1	0	0	0	0	13	0	0	0	0	7	Réel
BV MAG11 Petite Briere	MAG11 Petite Briere-TP-Surverse MAG11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV MOB10 Bron Loire	MOB10 Gron Loire-Aval MOB10-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB12 Bellevue	MOB12 Bellevue-Aval MOB12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB13 Loncé 1	MOB13 Loncé 1-Aval MOB13-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB16 La Torse	MOB16-1 La Torse BT-Aval MOB16-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV MOB50 Ancienne STEP Gron	MOB50 Ancienne STEP Gron-Aval MOB50-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
	MOB50-1 Gron BT-Aval MOB50-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV SNA03 Gautier	SNA03 Gautier-Aval SNA03-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA04 Halte du Méan	SNA04 Halte du Méan-Aval SNA04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV SNA10 Immaculée	SNA10 Immaculées-Aval SNA10-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA11 Bougainville	SNA11 Bougainville-Aval SNA11-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV SNA12 Croix de Méan	SNA12 Croix de Méan-Aval SNA12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV SNA21 Coubertin	SNA21 Coubertin-Aval SNA21-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA30 Quebrais	SNA30 Quebrais-Aval SNA30-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV TRI01 Trignac Centre	TRI01 Trignac Centre-Aval TRI01-1	0	0	0	1	67	0	0	0	4	25	Réel
BV TRI15 Auchan	TRI15 Auchan-Aval TRI15-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel

Tableau 17 : Tableau 16 : Résultats des simulations pour la pluie de projet mensuelle pour le réseau de la STEP Est

Période de temps de pluie : pluie de projet mensuelle										
Nom		Volume déversé (m ³)				Débit de pointe déversé (m ³ /h)				TP
Bassin de collecte	Exutoire	Nappe basse	Nappe haute	Nappe haute ressuyage 1 mois	Nappe haute ressuyage 3 mois	Nappe basse	Nappe haute	Nappe haute ressuyage 1 mois	Nappe haute ressuyage 3 mois	Réel ou fictif
BV JOA08 Levées Ouies	JOA08 Levées Ouies-Aval JOA08-1	0	2	14	23	0	11	22	25	Fictif
BV JOA12 Fedrun N286	JOA12 Fedrun N286-Aval JOA12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV MAG01 La Gagnerie	MAG01 La Gagnerie-Aval MAG01-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MAG07 Crosmain	MAG07-1 Crosmain BT-Aval MAG07-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV MAG11 Petite Briere	MAG11 Petite Briere-TP-Surverse MAG11	116	231	371	460	76	104	126	133	Réel
BV MOB10 Bron Loire	MOB10 Gron Loire-Aval MOB10-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB12 Bellevue	MOB12 Bellevue-Aval MOB12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB13 Loncé 1	MOB13 Loncé 1-Aval MOB13-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB16 La Torse	MOB16-1 La Torse BT-Aval MOB16-1	0	0	0	18	0	0	0	25	Réel
BV MOB50 Ancienne STEP Gron	MOB50 Ancienne STEP Gron-Aval MOB50-2	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
	MOB50-1 Gron BT-Aval MOB50-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV SNA03 Gautier	SNA03 Gautier-Aval SNA03-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA04 Halte du Méan	SNA04 Halte du Méan-Aval SNA04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel
BV SNA10 Immaculée	SNA10 Immaculées-Aval SNA10-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA11 Bougainville	SNA11 Bougainville-Aval SNA11-1	0	0	0	8	0	0	0	36	Réel
BV SNA12 Croix de Méan	SNA12 Croix de Méan-Aval SNA12-1	0	40	282	400	0	151	223	227	Réel
BV SNA21 Coubertin	SNA21 Coubertin-Aval SNA21-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA30 Quebrais	SNA30 Quebrais-Aval SNA30-1	18	25	38	45	29	32	40	40	Fictif
BV TRI01 Trignac Centre	TRI01 Trignac Centre-Aval TRI01-1	95	149	238	377	79	104	126	137	Réel
BV TRI15 Auchan	TRI15 Auchan-Aval TRI15-1	0	0	0	0	0	0	0	0	Réel

Tableau 18 : Tableau 16 : Résultats des simulations pour la pluie de projet trimestrielle pour le réseau de la STEP Est

Période de temps de pluie : pluie de projet trimestrielle								
Nom		Volume déversé (m³)			Débit de pointe déversé (m³/h)			TP
Bassin de collecte	Exutoire	Nappe basse	Nappe haute	Nappe haute ressuyage 1	Nappe basse	Nappe haute	Nappe haute ressuyage 1	Réel ou fictif
BV JOA08 Levées Ouies	JOA08 Levées Ouies-Aval JOA08-1	55	80	109	43	50	61	Fictif
BV JOA12 Fedrun N286	JOA12 Fedrun N286-Aval JOA12-1	0	0	1	0	0	4	Réel
BV MAG01 La Gagnerie	MAG01 La Gagnerie-Aval MAG01-1	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MAG07 Crosmain	MAG07-1 Crosmain BT-Aval MAG07-1	0	0	21	0	0	14	Réel
BV MAG11 Petite Briere	MAG11 Petite Briere-TP-Surverse MAG11	279	407	544	108	130	148	Réel
BV MOB10 Bron Loire	MOB10 Gron Loire-Aval MOB10-1	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB12 Bellevue	MOB12 Bellevue-Aval MOB12-1	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB13 Loncé 1	MOB13 Loncé 1-Aval MOB13-1	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV MOB16 La Torse	MOB16-1 La Torse BT-Aval MOB16-1	0	41	215	0	58	148	Réel
BV MOB50 Ancienne STEP Gron	MOB50 Ancienne STEP Gron-Aval MOB50-2	0	0	0	0	0	0	Réel
	MOB50-1 Gron BT-Aval MOB50-1	0	0	0	0	0	0	Réel
BV SNA03 Gautier	SNA03 Gautier-Aval SNA03-1	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA04 Halte du Méan	SNA04 Halte du Méan-Aval SNA04-1	0	0	11	0	0	29	Réel
BV SNA10 Immaculée	SNA10 Immaculées-Aval SNA10-1	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA11 Bougainville	SNA11 Bougainville-Aval SNA11-1	0	157	456	0	194	364	Réel
BV SNA12 Croix de Méan	SNA12 Croix de Méan-Aval SNA12-1	382	503	806	245	248	256	Réel
BV SNA21 Coubertin	SNA21 Coubertin-Aval SNA21-1	0	0	0	0	0	0	Fictif
BV SNA30 Quebrais	SNA30 Quebrais-Aval SNA30-1	66	76	93	50	50	54	Fictif
BV TRI01 Trignac Centre	TRI01 Trignac Centre-Aval TRI01-1	291	350	455	144	158	176	Réel
BV TRI15 Auchan	TRI15 Auchan-Aval TRI15-1	0	0	0	0	0	0	Réel

Tableau 19 : Tableau 16 : Résultats des simulations pour la pluie de projet semestrielle pour le réseau de la STEP Est

Période de temps de pluie : pluie de projet semestrielle						
Nom		Volume déversé (m³)		Débit de pointe déversé (m³/h)		TP
Bassin de collecte	Exutoire	Nappe basse	Nappe haute	Nappe basse	Nappe haute	Réel ou fictif
BV JOA08 Levées Ouies	JOA08 Levées Ouies-Aval JOA08-1	119	148	68	76	Fictif
BV JOA12 Fedrun N286	JOA12 Fedrun N286-Aval JOA12-1	33	32	32	32	Réel
BV MAG01 La Gagnerie	MAG01 La Gagnerie-Aval MAG01-1	0	0	0	0	Fictif
BV MAG07 Crosmain	MAG07-1 Crosmain BT-Aval MAG07-1	0	16	0	18	Réel
BV MAG11 Petite Briere	MAG11 Petite Briere-TP-Surverse MAG11	347	482	126	144	Réel
BV MOB10 Bron Loire	MOB10 Gron Loire-Aval MOB10-1	0	0	0	0	Fictif
BV MOB12 Bellevue	MOB12 Bellevue-Aval MOB12-1	0	0	0	0	Fictif
BV MOB13 Loncé 1	MOB13 Lonce 1-Aval MOB13-1	0	0	0	0	Fictif
BV MOB16 La Torse	MOB16-1 La Torse BT-Aval MOB16-1	62	195	79	151	Réel
BV MOB50 Ancienne	MOB50 Ancienne STEP Gron-Aval MOB50-2	0	0	0	0	Réel
STEP Gron	MOB50-1 Gron BT-Aval MOB50-1	0	0	0	0	Réel
BV SNA03 Gautier	SNA03 Gautier-Aval SNA03-1	0	0	0	0	Fictif
BV SNA04 Halte du Méan	SNA04 Halte du Méan-Aval SNA04-1	36	140	68	133	Réel
BV SNA10 Immaculée	SNA10 Immaculées-Aval SNA10-1	0	0	0	0	Fictif
BV SNA11 Bougainville	SNA11 Bougainville-Aval SNA11-1	278	528	295	403	Réel
BV SNA12 Croix de Méan	SNA12 Croix de Méan-Aval SNA12-1	651	759	263	266	Réel
BV SNA21 Coubertin	SNA21 Coubertin-Aval SNA21-1	0	0	0	0	Fictif
BV SNA30 Quebrais	SNA30 Quebrais-Aval SNA30-1	102	111	61	61	Fictif
BV TRI01 Trignac Centre	TRI01 Trignac Centre-Aval TRI01-1	408	447	180	191	Réel
BV TRI15 Auchan	TRI15 Auchan-Aval TRI15-1	0	0	0	0	Réel

Il n'y a pas de déversements en période de temps sec. Cela est conforme aux attentes de fonctionnement d'un réseau d'eaux usées bien dimensionné. Seul deux surverses peuvent être observées au niveau des sites de Crosmain et Trignac centre en période de ressuyage consécutif à une pluie d'occurrence six mois. Ces conditions étant exceptionnelles, les résultats sont acceptables.

En période de temps de pluie, des surverses apparaissent sur le réseau. Ces déversements sont comparés avec les résultats de l'analyse effectuée partie 2.6.

Les sites de Petite Brière et Trignac Centre déversent dès une pluie de projet d'un mois en nappe basse dans le modèle. D'après l'analyse, ces deux sites présentent des déversements à partir d'une faible pluie en nappe haute et d'une pluie d'occurrence trimestrielle en nappe basse. Les surverses apparaissent donc pour une sollicitation un peu plus faible que dans la réalité. Cependant, ces sites sont bien présentés dans le modèle comme des points problématiques où il convient de prévoir des aménagements pour limiter les surverses.

Le site de La Torse présente des déversements en nappe haute condition de ressuyage trois mois après une pluie mensuelle et pas de volumes surversés avant une pluie d'occurrence six mois en nappe basse. Ces résultats sont cohérents avec les résultats de l'analyse.

Le site de Crosmain est un site signalé comme présentant de nombreux déversements, à l'instar de celui de Petite Brière. Dans le modèle, ces déversements sont sous-estimés. Les surverses sur ce poste sont principalement provoquées par le phénomène de ressuyage. L'approximation de la représentation de ce phénomène peut être une des causes de cette différence.

Les sites de Croix de Méan et Bougainville présentent des volumes surversés pour des conditions moins contraignantes que celles diagnostiquées, surtout le poste de Croix de Méan. Cependant, les mesures disponibles sur ces postes sont à questionner. Le capteur de Croix de Méan présente de nombreux dysfonctionnements. Les données sur le poste de Bougainville sont contradictoires : quasiment aucune surverse n'est détectée mais la saturation du poste peut être observée sur l'hydrogramme de janvier 2016 pour une pluie d'occurrence mensuelle en période de ressuyage trois mois. Cela ne permet pas de conclure sur les résultats du modèle.

Concernant les trop-pleins fictifs construits dans le modèle, deux points présentent des surverses, les sites de Levées Ouies et Quebrais. Ces résultats peuvent être dus au manque de précision des données mesurées disponibles entraînant une surestimation du débit d'entrée au niveau de ces postes. De plus, le fait d'injecter directement le volume généré par le bassin en amont du poste peut entraîner une surcharge locale du poste.

Les résultats des simulations représentent dans l'ensemble les points problématiques du réseau de la STEP Est déterminés lors de la phase de diagnostic. La prochaine étape de l'étude consistera notamment à prévoir et tester différents aménagements sur le réseau afin de réduire les déversements constatés.

CONCLUSION GENERALE

Pour conclure, les premières phases de l'élaboration du SDA des eaux usées de la CARENE ont été abordées. Les débuts de cette étude qui devrait se terminer fin 2019 ont permis de mettre en évidence dans un premier temps le contexte général de la zone et notamment les enjeux importants des milieux récepteurs. Dans ce cadre, le diagnostic a permis de caractériser le fonctionnement du réseau tout en déterminant les données d'entrées des modèles. L'analyse des déversements a également permis d'isoler les sites nécessitant une attention particulière.

La création des modèles hydrauliques pour les STEP Est et Ecossiernes a été réalisée à la demande du maître d'ouvrage. Ils représentent les comportements hydrauliques des réseaux et des différents ouvrages étudiés. De plus, le calage du modèle de la STEP Est a permis de souligner la difficulté de représentation du phénomène de ressuyage avec le logiciel CANOE. Les résultats des simulations mettent en évidence les mêmes sites problématiques que ceux de la phase de diagnostic, c'est-à-dire pour le réseau de la station Est, les postes de Crosmain, Petite Brière, La torse et Trignac Centre.

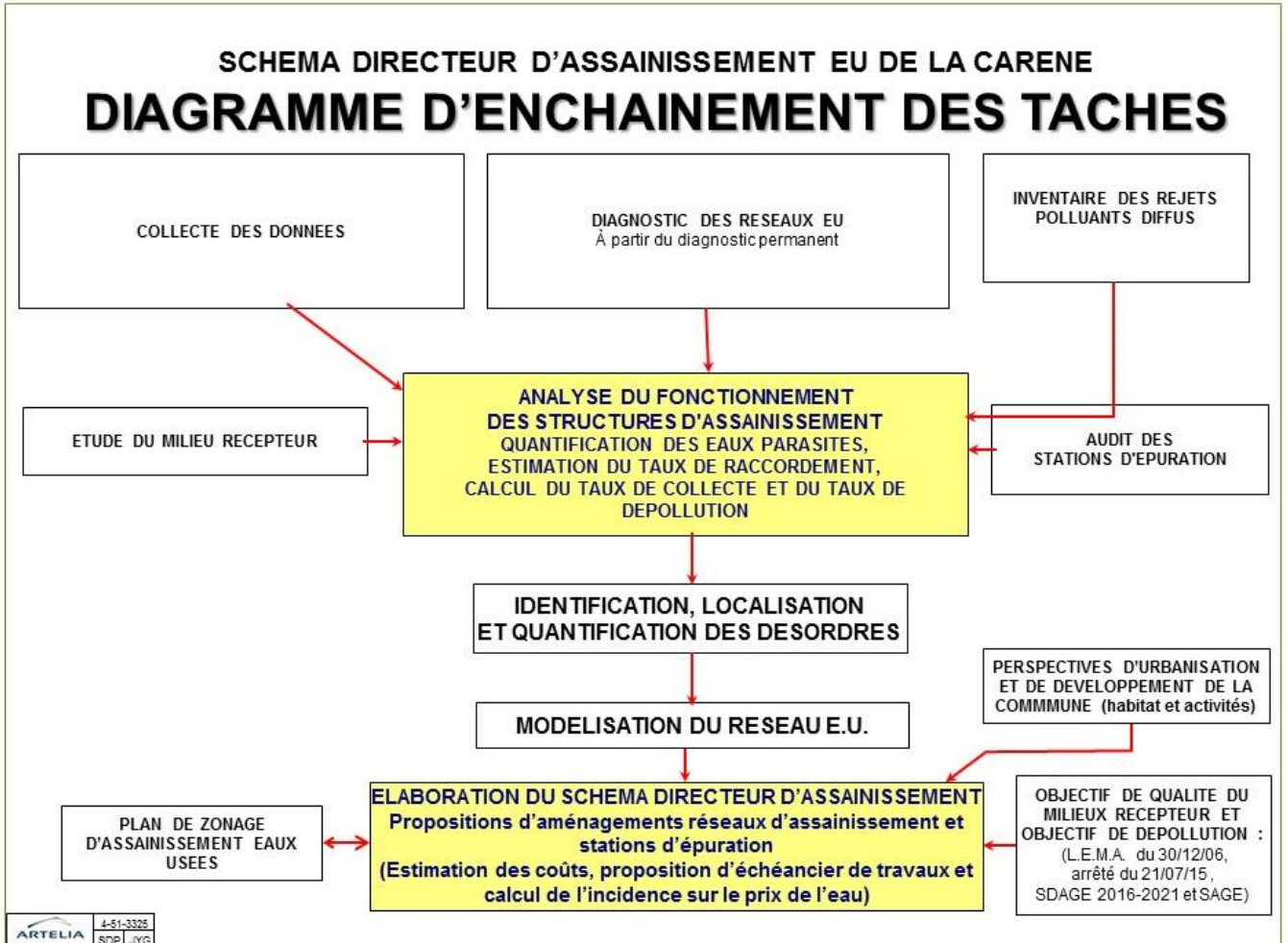
Cette étude se prolongera par des propositions d'aménagement afin de pallier les problèmes mis en évidence. Ces différents scénarios d'aménagement seront testés sur le modèle. Une analyse visant à réduire les eaux claires parasites sera également menée et viendra compléter le dimensionnement des aménagements. Ces scénarios devront aussi prendre en compte l'évolution de la démographie et les projets d'urbanisation des communes.

Ce stage a été l'occasion d'être confrontée aux aléas inhérents à une étude de grande ampleur et à la réalité du milieu de l'entreprise. Cette expérience a été enrichissante sur les difficultés de la gestion de projet. Notamment, la gestion des différentes données et leur analyse a souligné l'importance de la communication entre les différentes parties prenantes de l'étude.

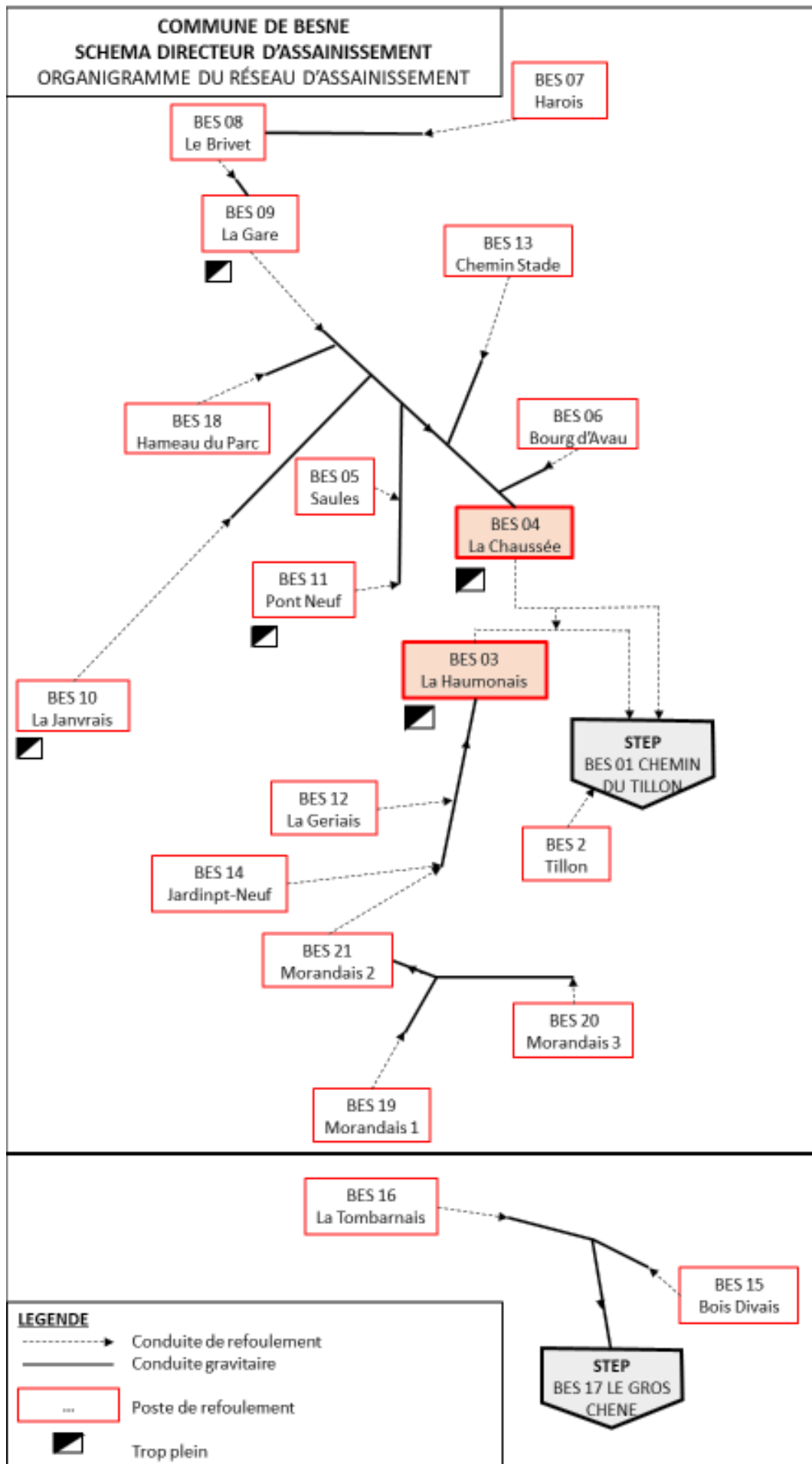
BIBLIOGRAPHIE

- [1] AGENCE DE L'EAU LOIRE-BRETAGNE **SDAGE et SAGE en Loire-Bretagne**. Agence de l'eau Loire-Bretagne <<https://sdage-sage.eau-loire-bretagne.fr/home.html>>
- [2] BELHADJ, N. **Variations par temps de pluie des débits dans les réseaux d'eaux usées de type séparatif : identification des composantes et modélisation des infiltrations**. Thèse de doctorat. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. 1994. 76 p.
- [3] BREIL, P., JOANNIS, C., RAIMBAULT, G., et al. **Drainage des eaux claires parasites par les réseaux sanitaires. De l'observation à l'élaboration d'un modèle prototype**. La Houille Blanche, 1993, no 1, 45-58 p.
- [4] COLLECTIF, **Canalisations**, Pont-à-Mousson S.A., 1977. 1308 p.
- [5] DE BÉNÉDITTIS J. **Mesurage de l'infiltration et de l'exfiltration dans les réseaux d'assainissement**. Le grade de docteur. INSA de Lyon, Villeurbanne, France, 2004. 355 p.
- [6] FRANCE. MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE. **Arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5** [en ligne] Journal officiel n°0190 du 19 août 2015 <<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2015/7/21/DEVL1429608A/jo>>
- [7] FRANCE. MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ENERGIE. **Arrêté du 24 août 2017 modifiant l'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5** [en ligne] Journal officiel n°0223 du 23 septembre 2017 <<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2017/8/24/TREL1701094A/jo/texte>>
- [8] RENAULT D. **Les eaux claires parasites dans l'assainissement (réseaux unitaires). Diagnostic et réhabilitation des réseaux, impact et économie dans le traitement**, TSM, nov.-déc. 1983, 547-582 p.
- [9] **Schéma directeur d'assainissement de la Ville de Pornic**. Direction Régionale Ouest, ARTELIA Ville & Transport. France, 2015.
- [10] VASQUEZ J. **Hydrologie et hydraulique des réseaux d'assainissement**. Ouvrage pour l'enseignement de la formation d'ingénieur de l'ENGEES, 2016. 288 p.

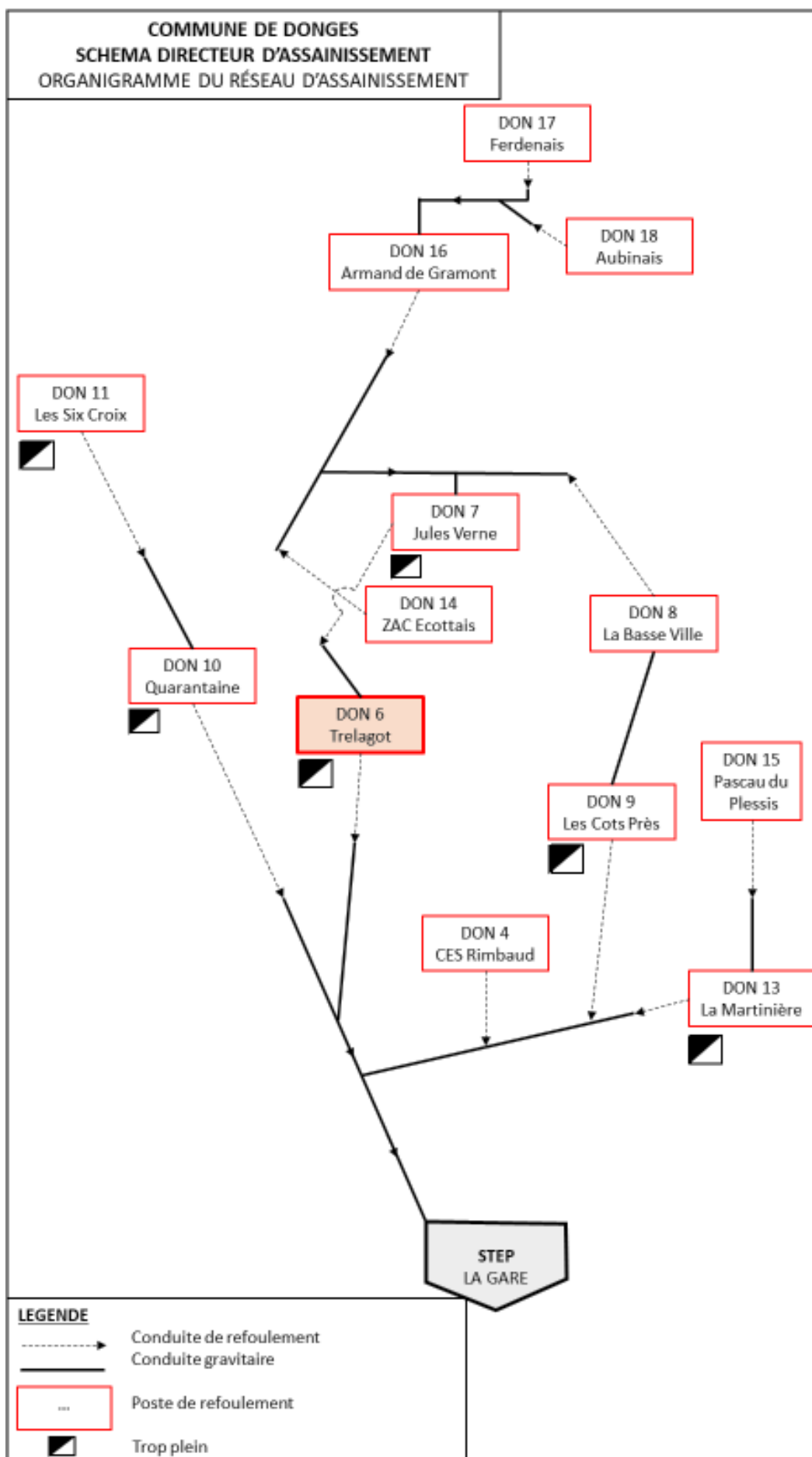
ANNEXES



Annexe 1 : Diagramme d'enchaînement des tâches pour le SDA de la CARENE

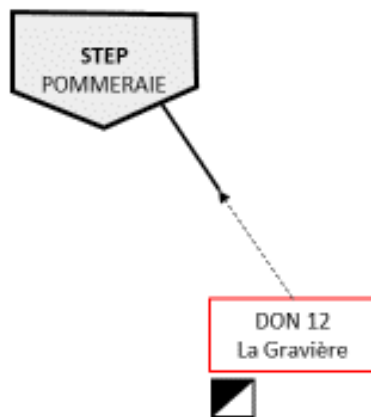
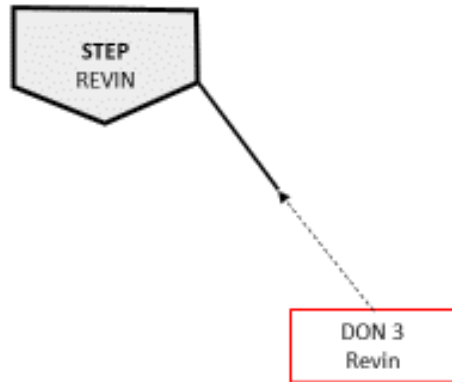


Annexe 2 : Organigramme du réseau de la commune de Besné



Annexe 3 : Organigramme du réseau de la commune de Donges (partie 1)

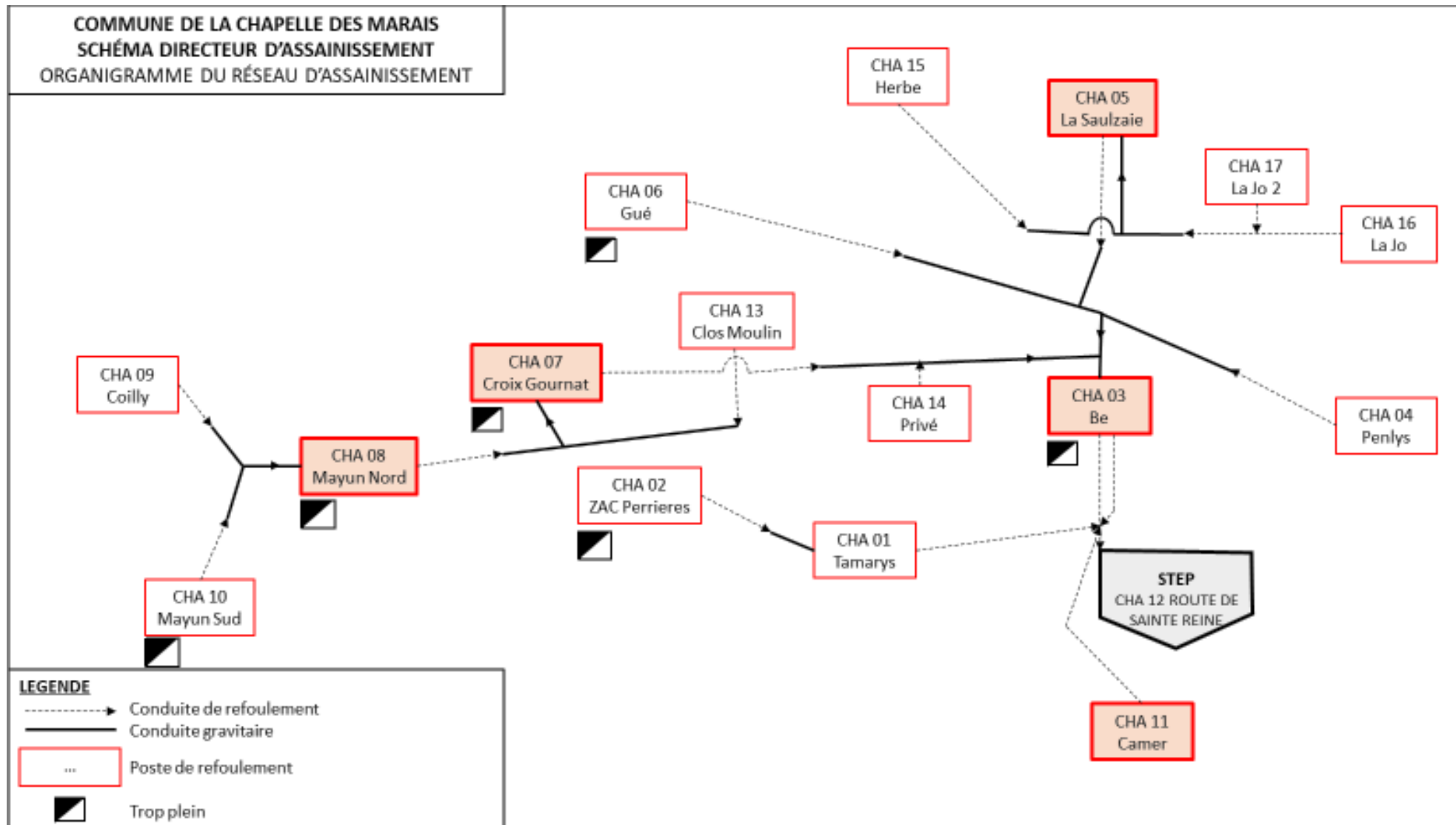
COMMUNE DE DONGES
 SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT
 ORGANIGRAMME DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT



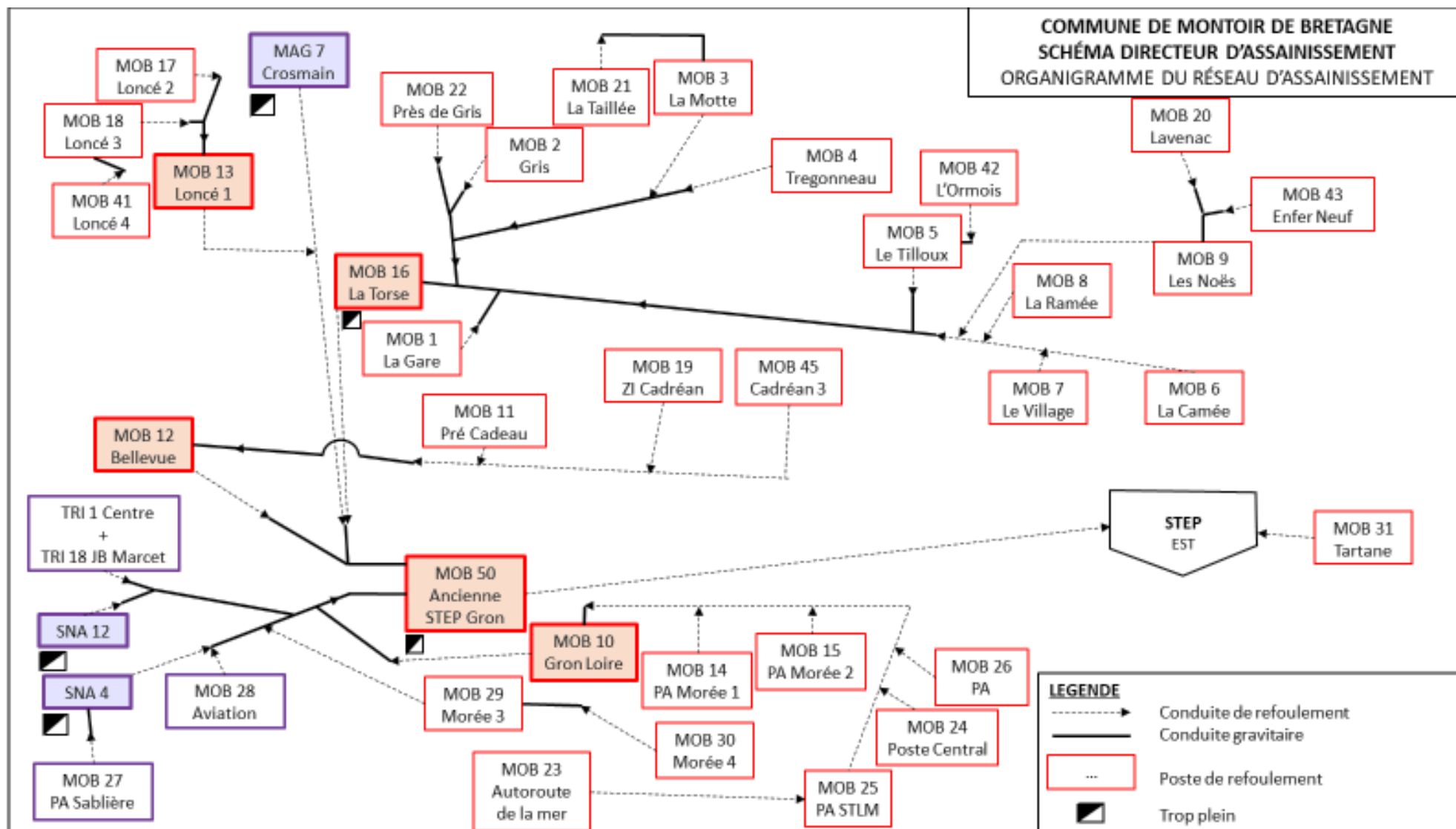
LEGENDE

- > Conduite de refoulement
- > Conduite gravitaire
- Poste de refoulement
- ◼ TROP PLEIN

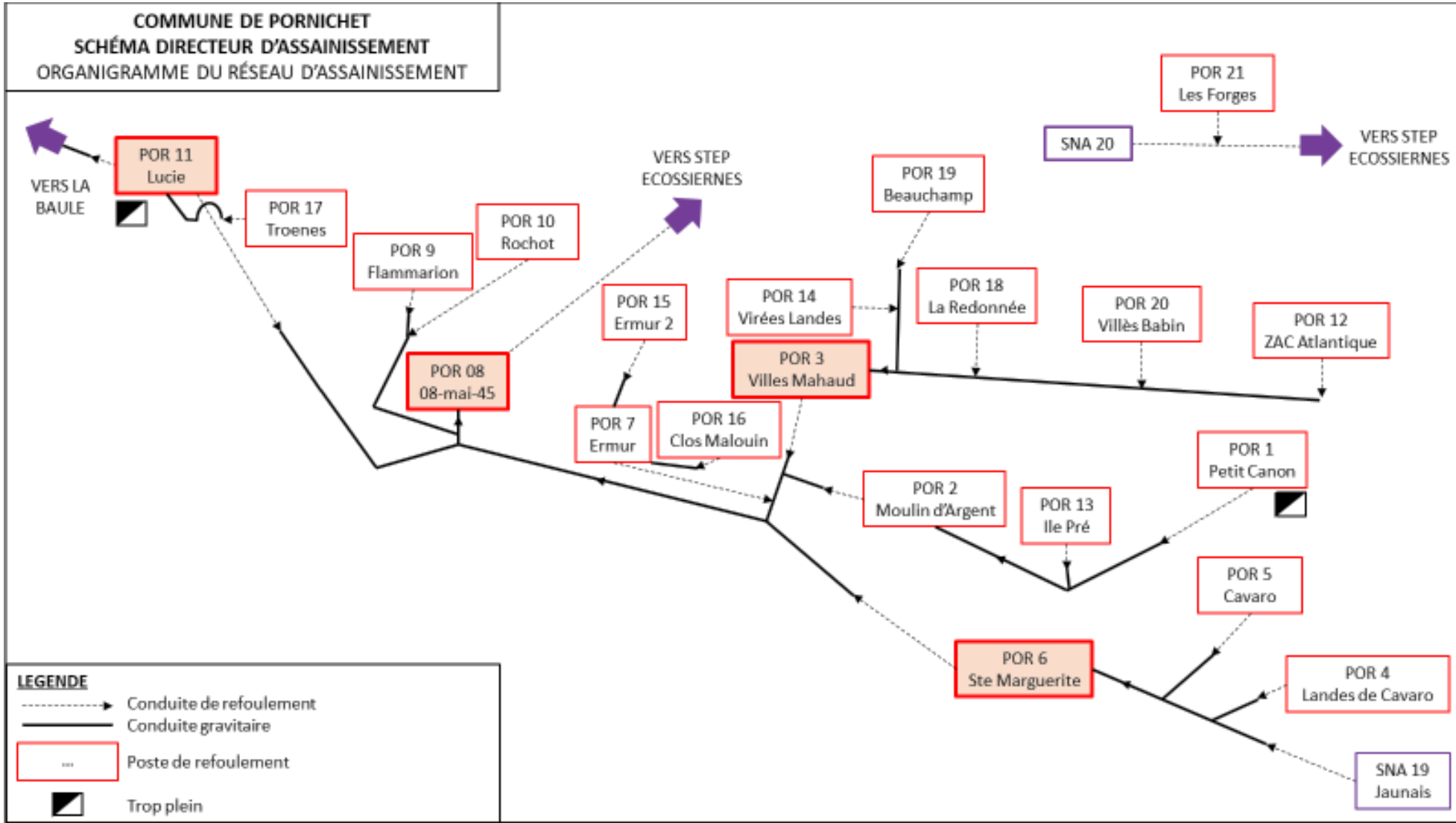
Annexe 4 : Organigramme du réseau de la commune de Donges (partie 2)



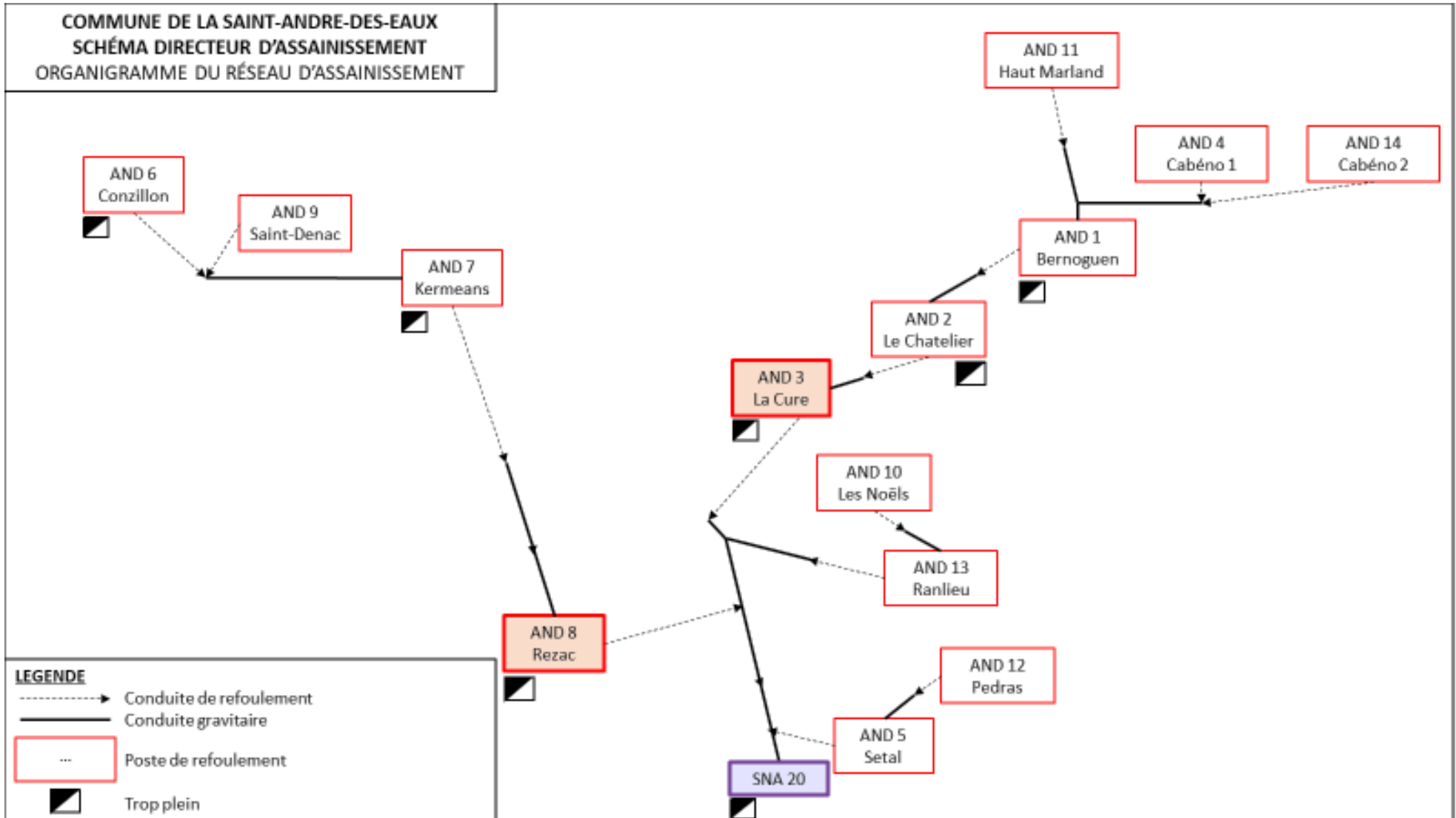
Annexe 5 : Organigramme du réseau de la commune de La Chapelle-des-Marais



Annexe 6 : Organigramme du réseau de la commune de Montoir de Bretagne

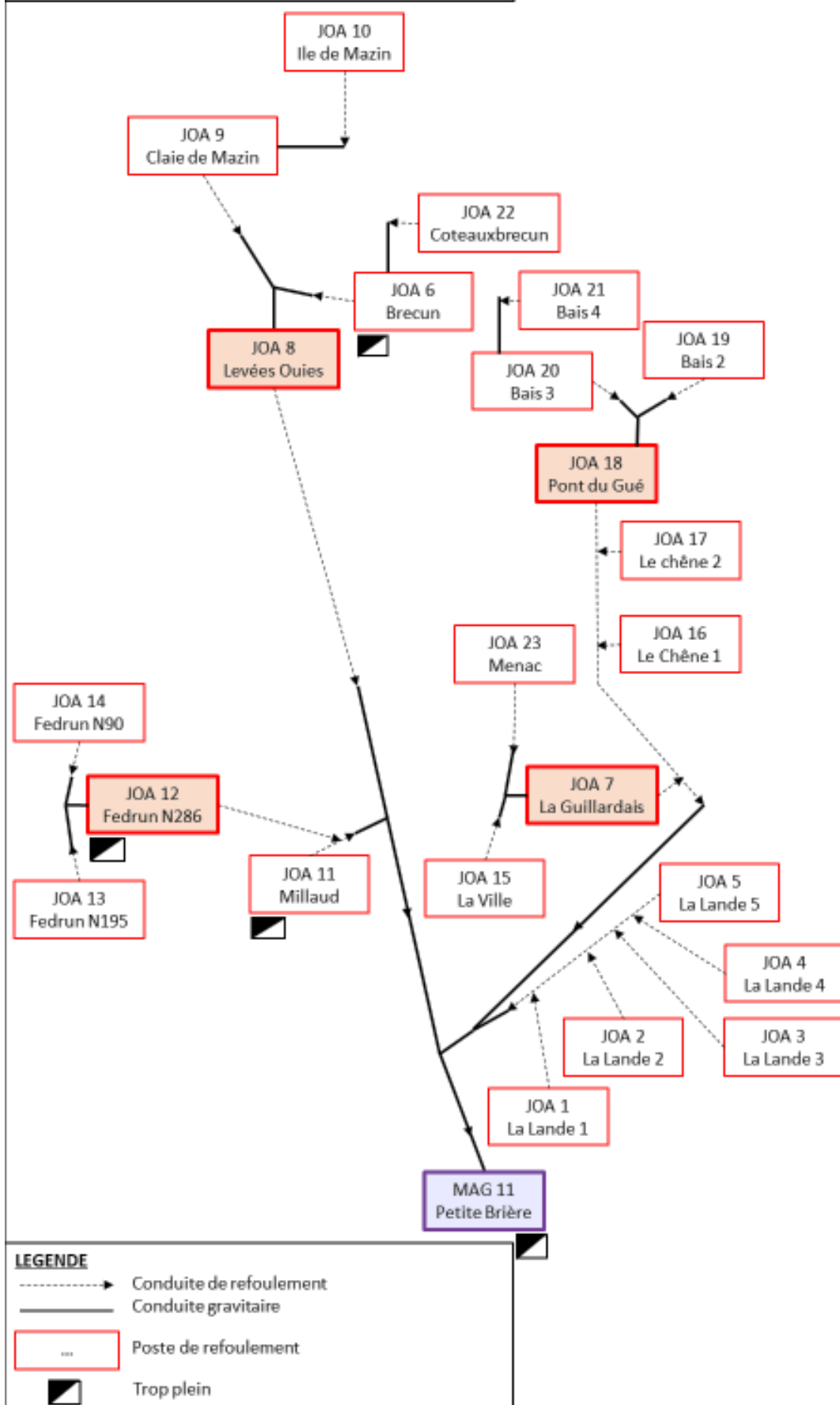


Annexe 7 : Organigramme du réseau de la commune de Pornichet

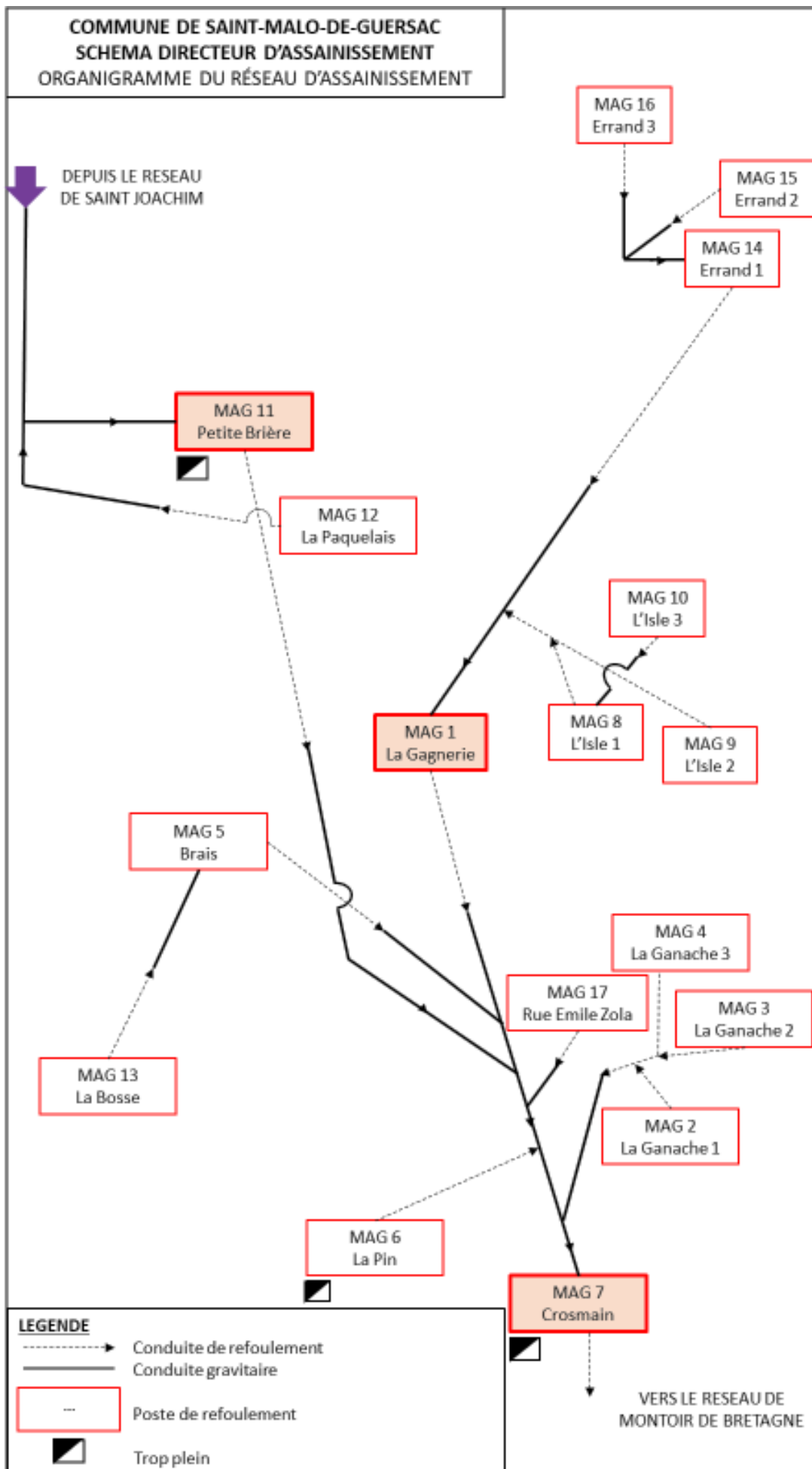


Annexe 8 : Organigramme du réseau de la commune de Saint-André-des-Eaux

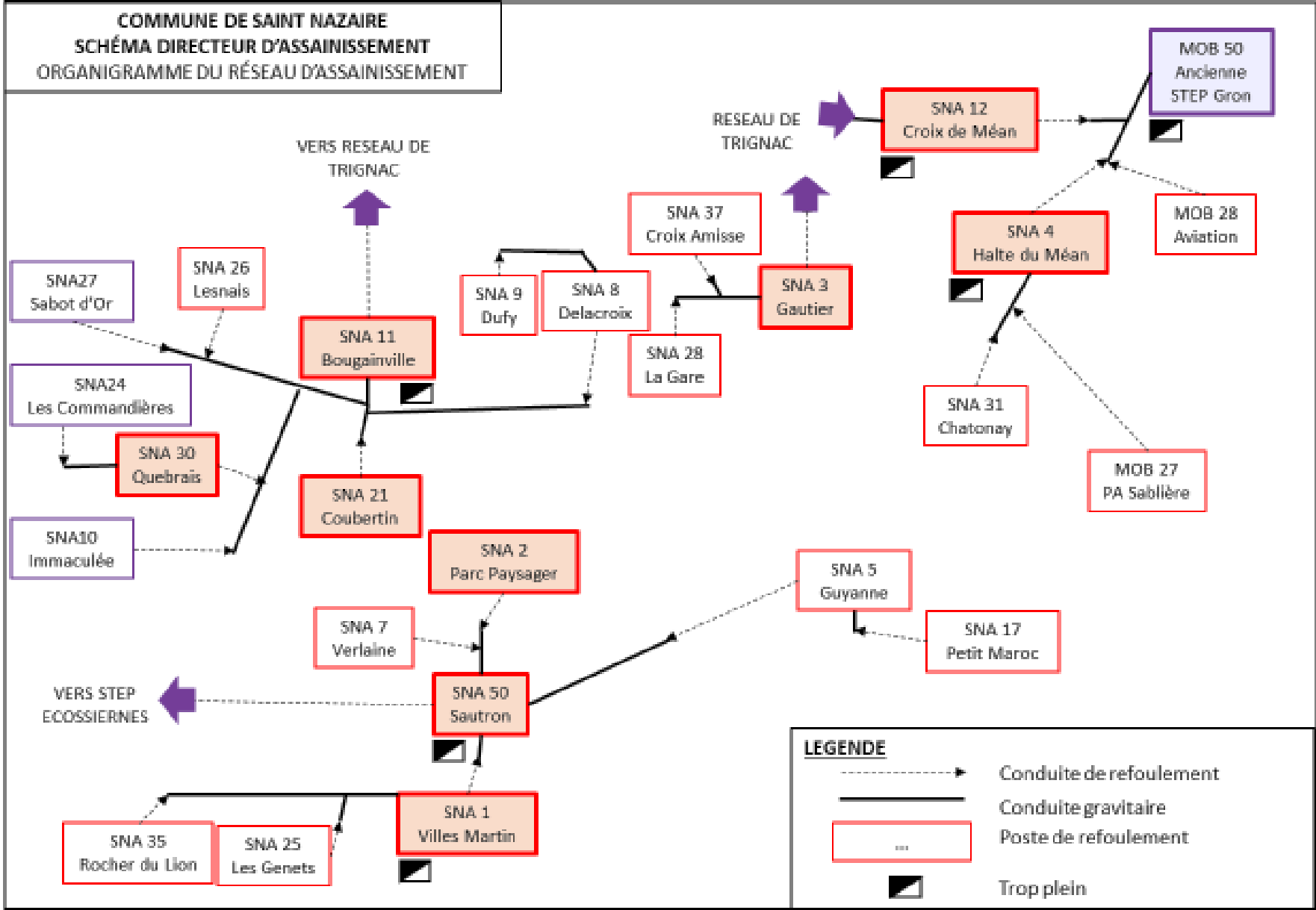
COMMUNE DE SAINT JOACHIM
 SCHEMA DIRECTEUR D'ASSAINISSEMENT
 ORGANIGRAMME DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT



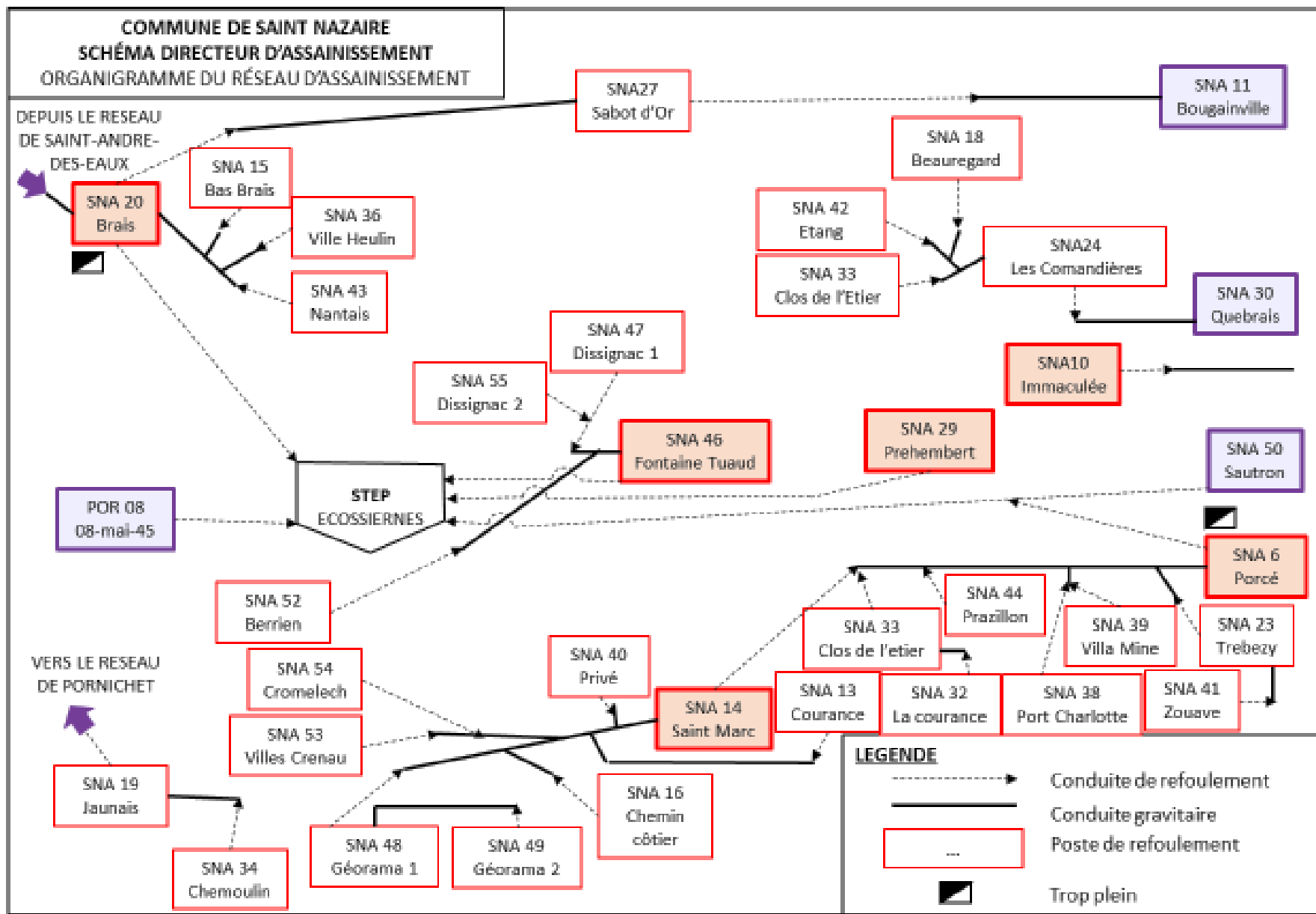
Annexe 9 : Organigramme du réseau de la commune de Saint-Joachim



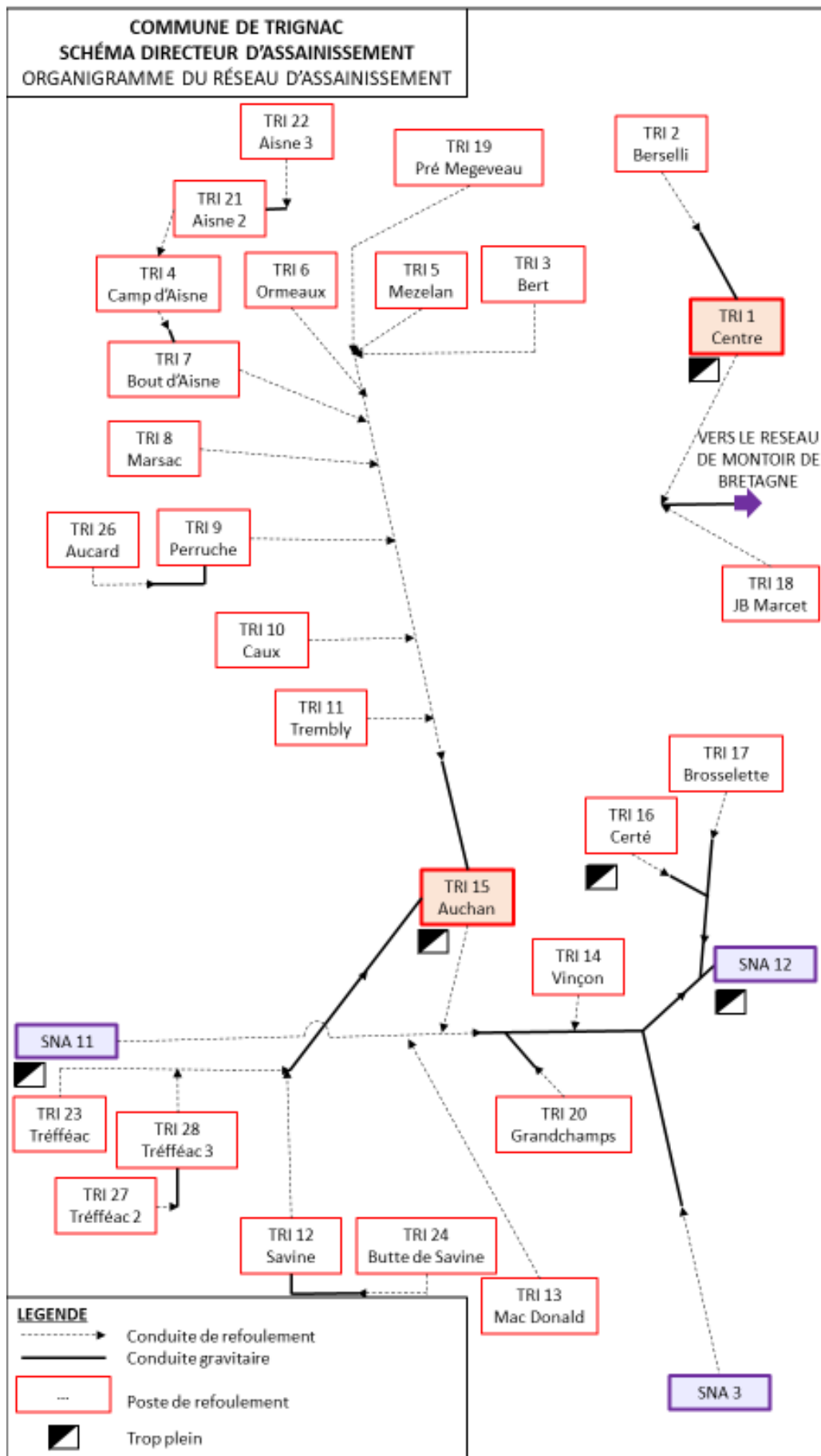
Annexe 10 : Organigramme du réseau de la commune de Saint-Malo-de-Guersac



Annexe 11 : Organigramme du réseau de la commune de Saint-Nazaire (partie 1)



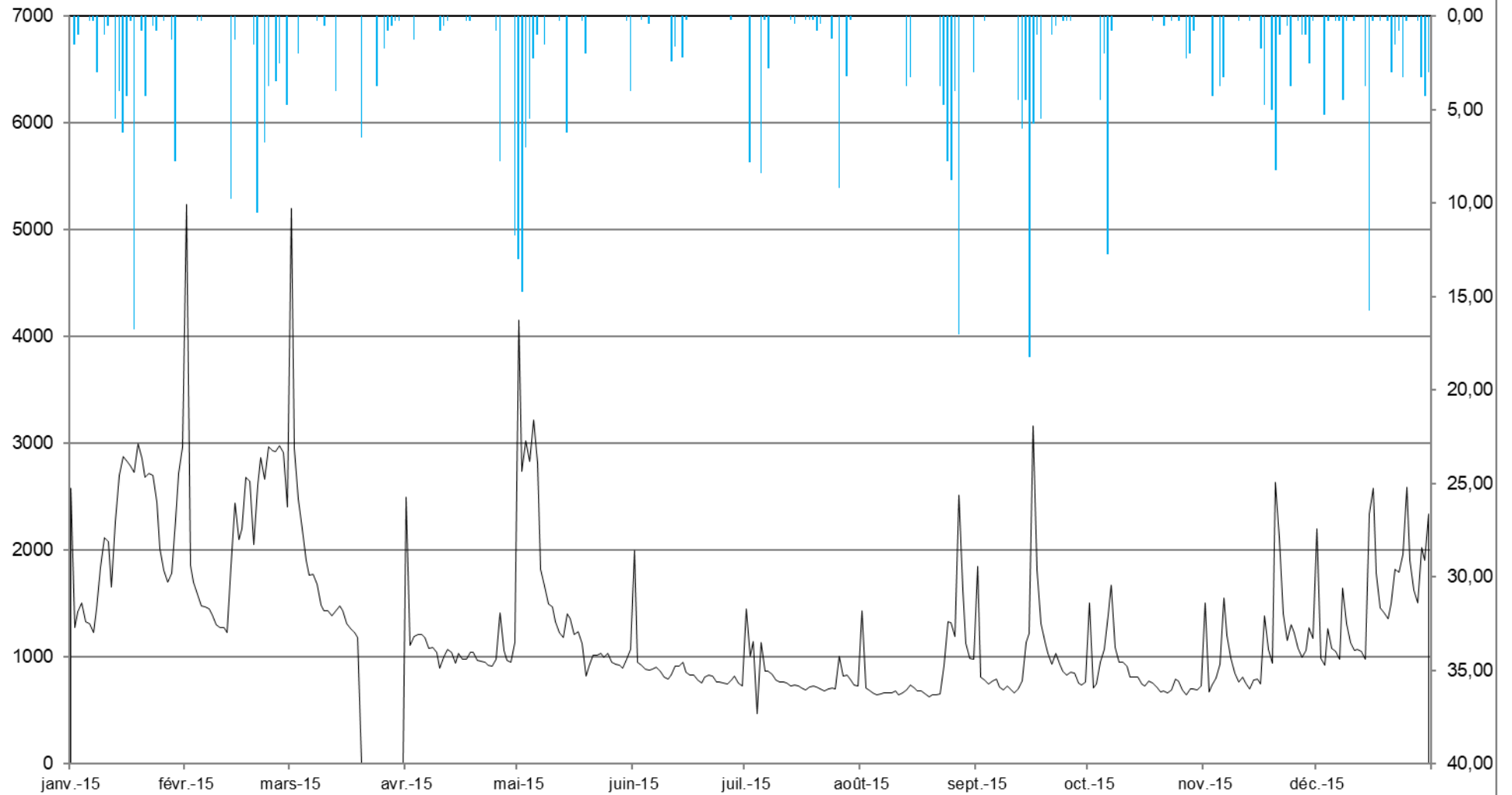
Annexe 12 : Organigramme du réseau de la commune de Saint-Nazaire (partie 2)



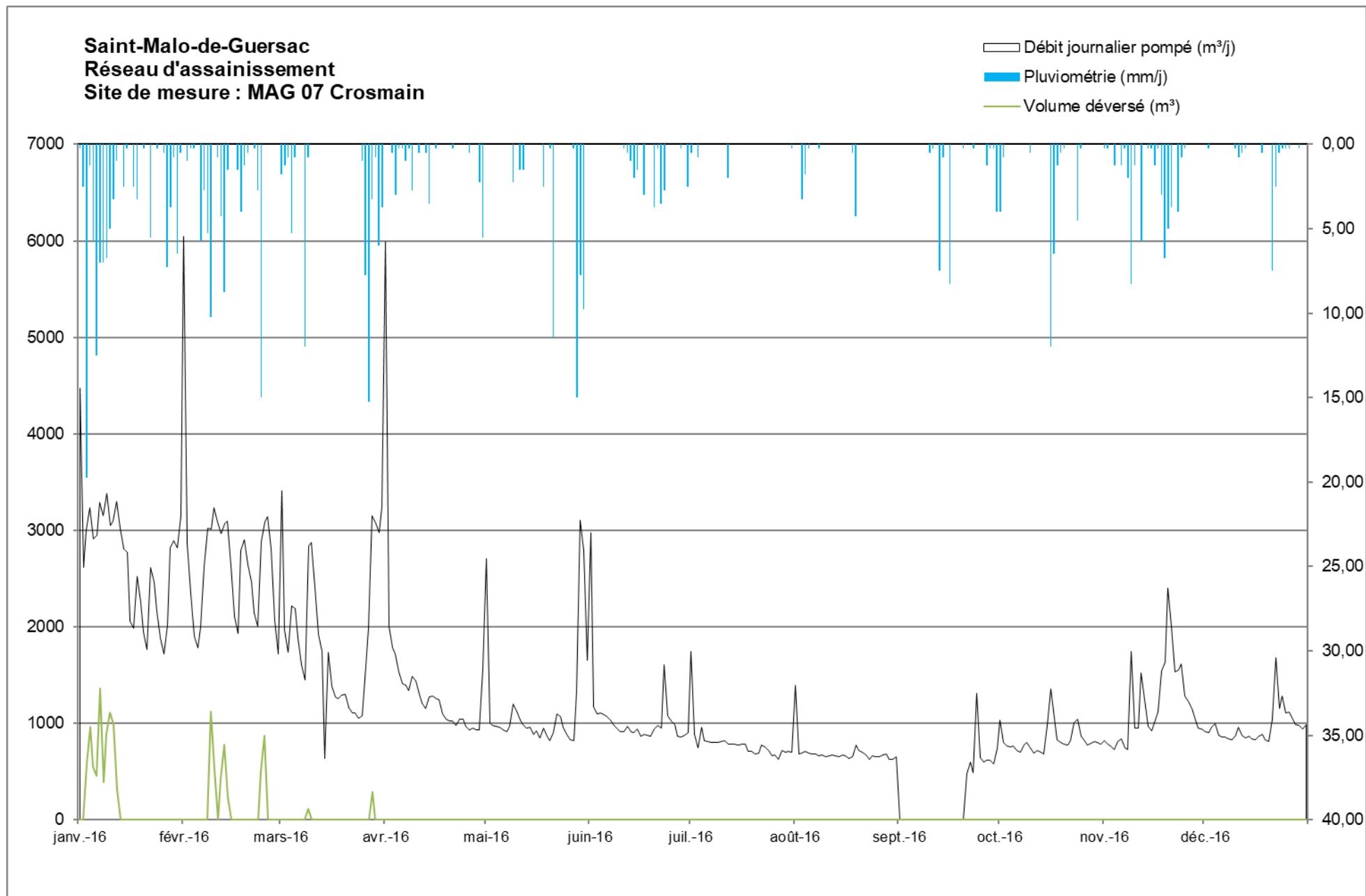
Annexe 13 : Organigramme du réseau de la commune de Trignac

Saint-Malo-de-Guersac
Réseau d'assainissement
Site de mesure : MAG 07 Crosmain

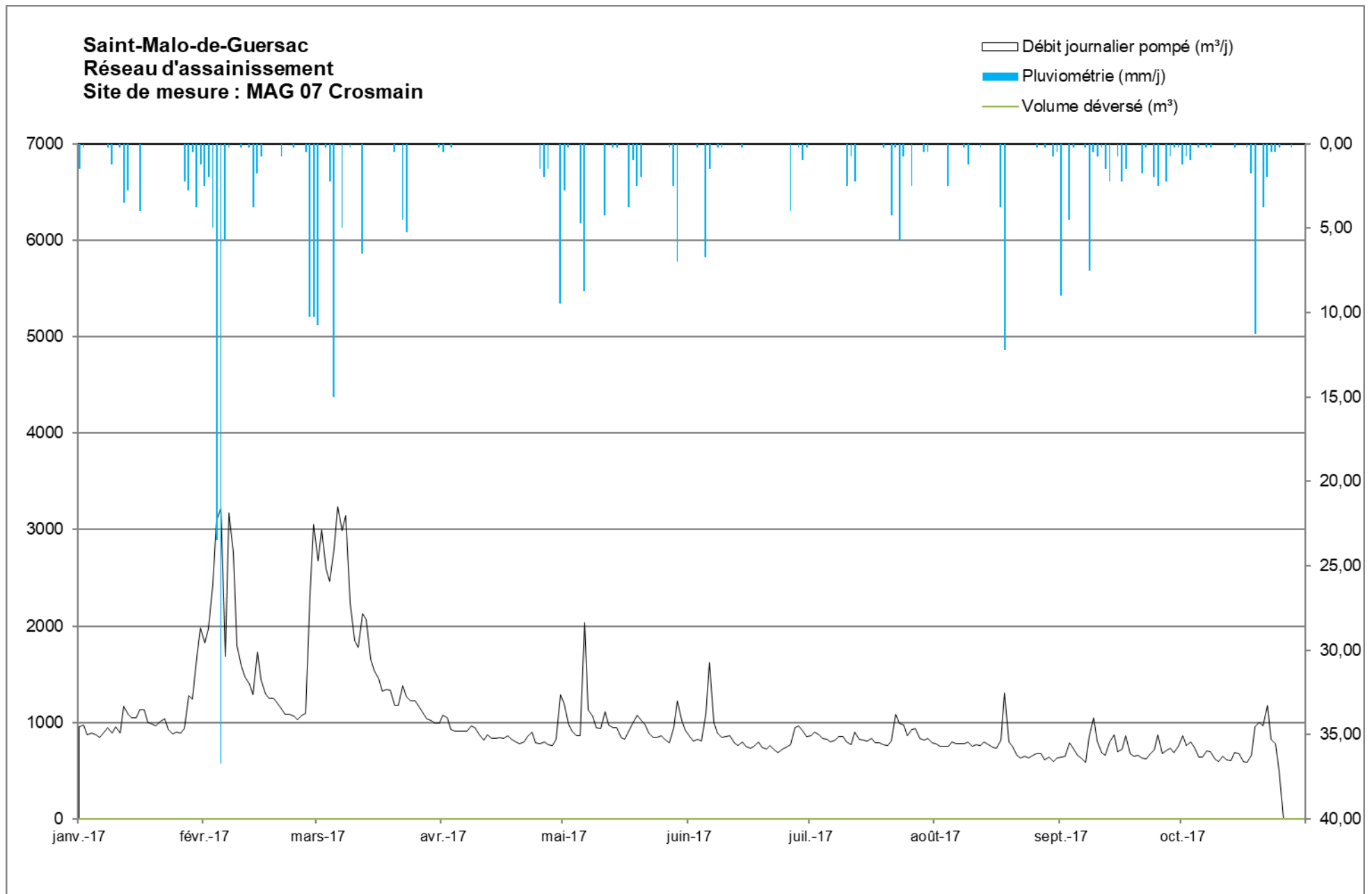
□ Débit journalier pompé (m³/j)
■ Pluviométrie (mm/j)



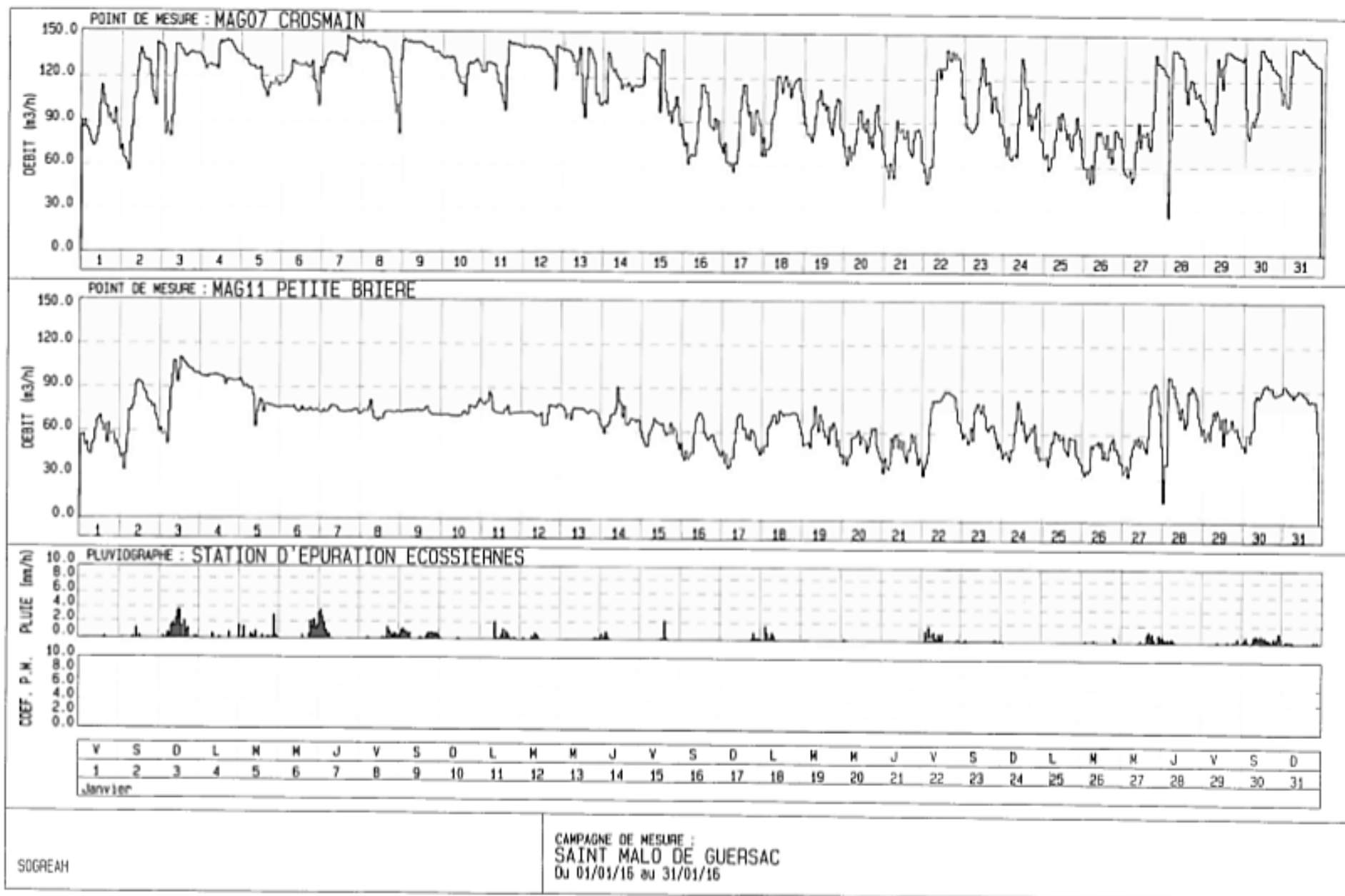
Annexe 14 : Hydrogramme des débits journaliers en 2015 pour le poste de MAG07 Crosmain



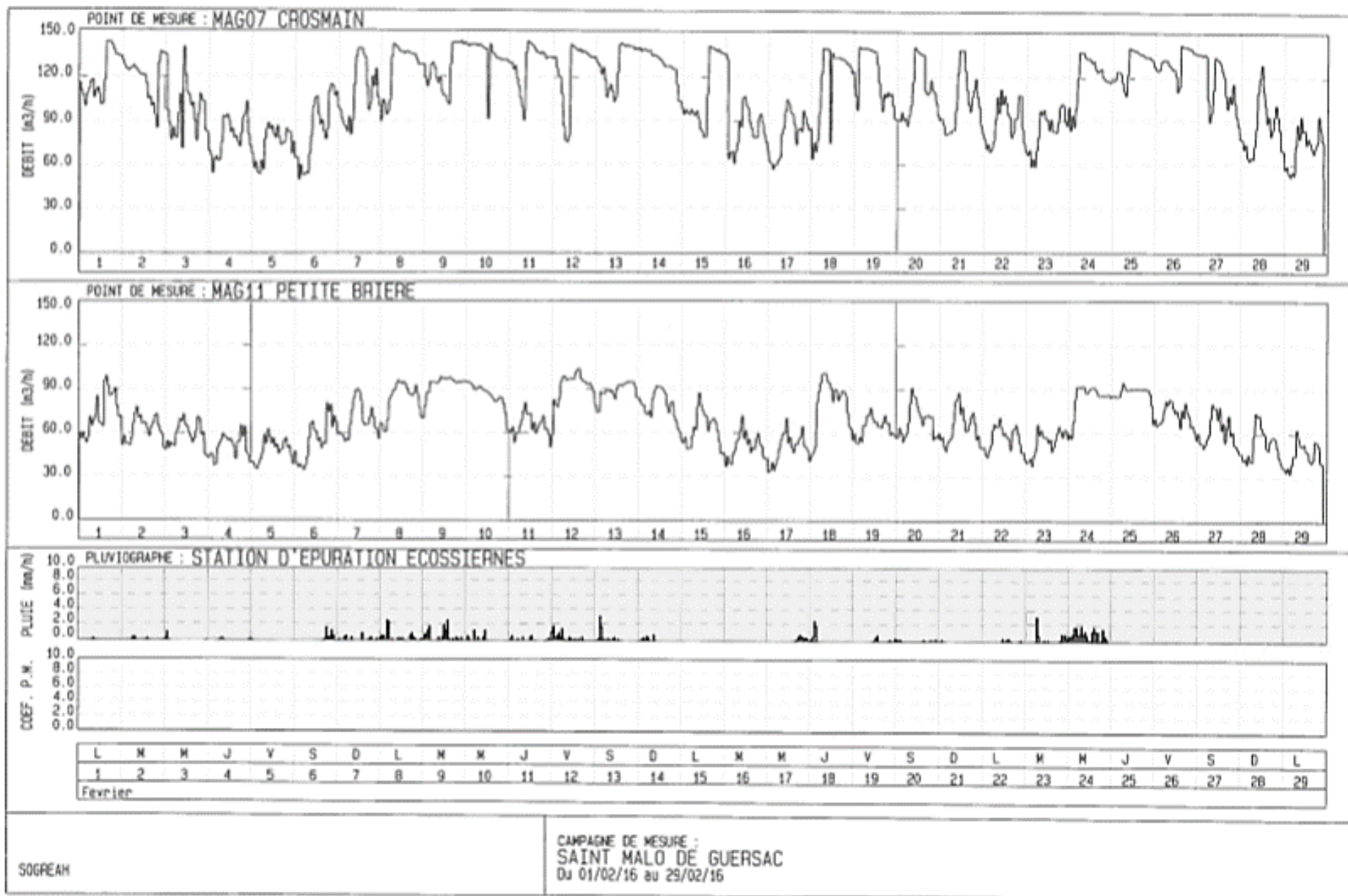
Annexe 15 : Hydrogramme des débits journaliers en 2016 pour le poste de MAG07 Crosmain



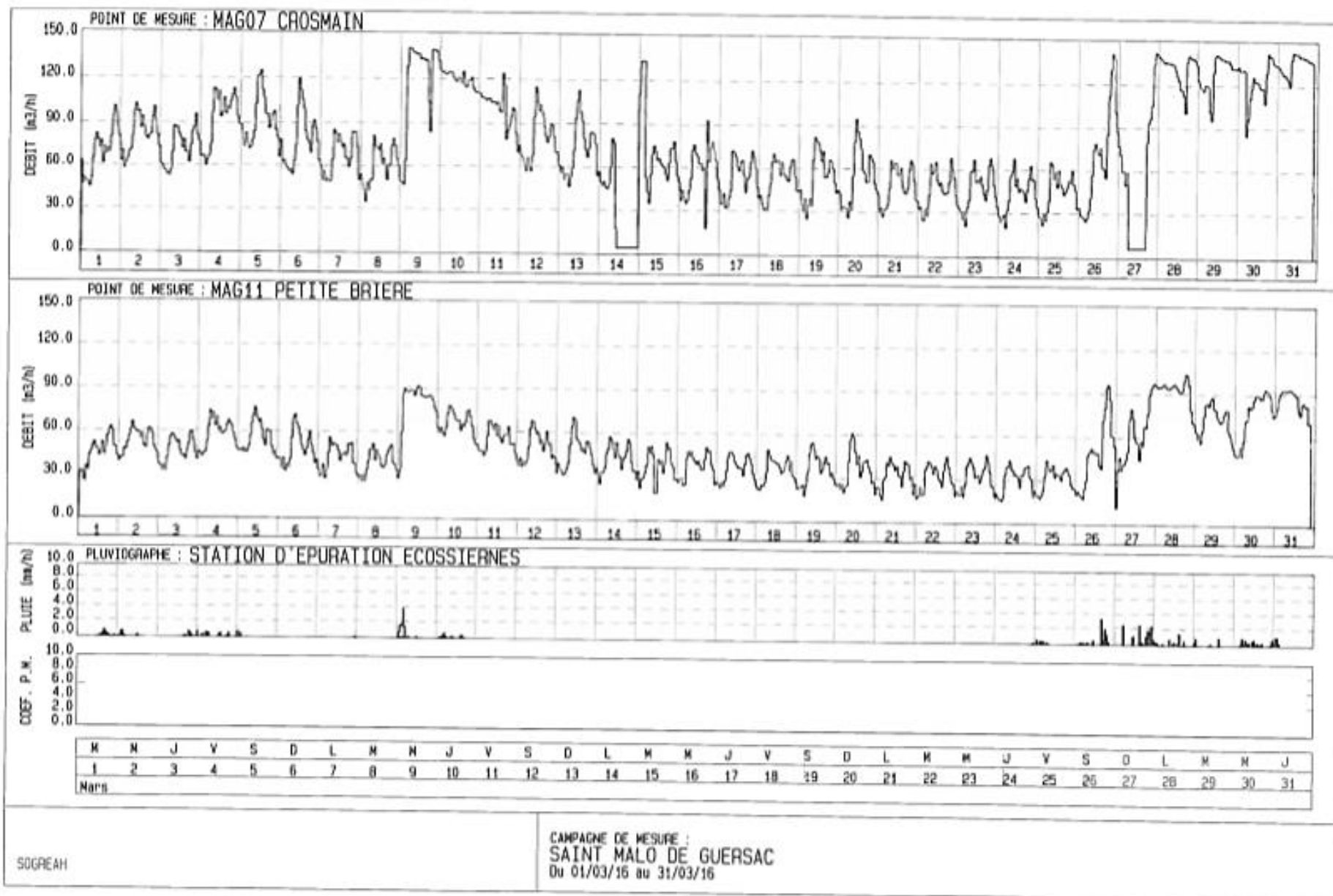
Annexe 16 : Hydrogramme des débits journaliers en 2017 pour le poste de MAG07 Crosmain



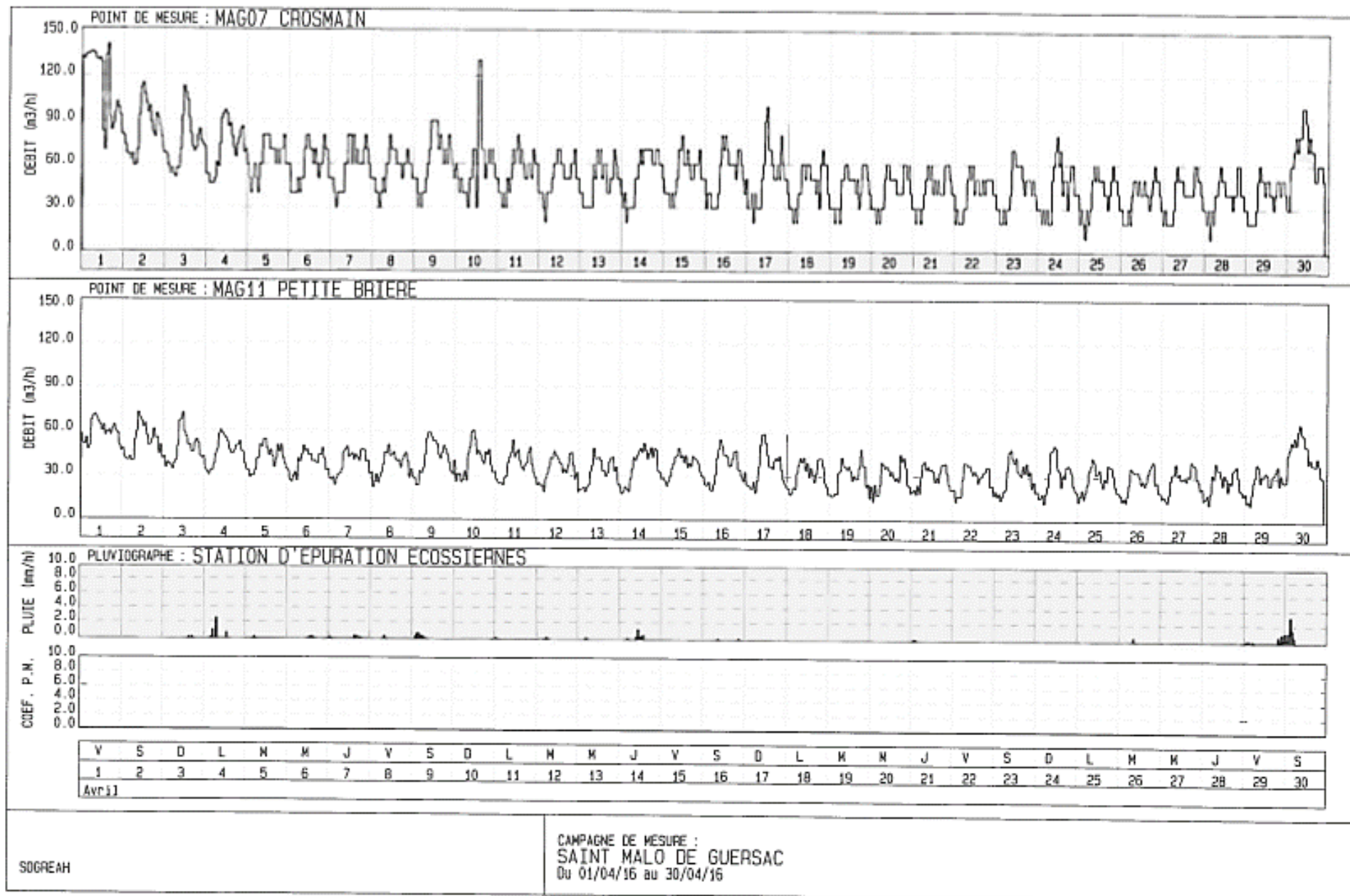
Annexe 17 : Hydrogramme des débits horaires du mois de janvier 2016 pour les postes de MAG07 Crosmain et MAG11 Petite Brière



Annexe 18 : Hydrogramme des débits horaires du mois de février 2016 pour les postes de MAG07 Crosmain et MAG11 Petite Brière



Annexe 19 : Hydrogramme des débits horaires du mois de mars 2016 pour les postes de MAG07 Crosmain et MAG11 Petite Brière



Annexe 20 : Hydrogramme des débits horaires du mois de avril 2016 pour les postes de MAG07 Crosmain et MAG11 Petite Brière

Localisation		Identifiant PR	Identifiant TP	Flux polluant transitant en temps sec				Code SANDRE	Milieu récepteur	Mesure	Localisation (bâche ou id regard)
Commune	Nom			<500	500 à 2 000	2 000 à 10 000	> 10 000				
Besné	STEP TILLON	BES01	TP01					A5	Canal de la Chaussée (Brière)	Débit	bassin d'aération
	LA HAUMONNAIS	BES03	TP02					S16 ou R1?	Canal de la Chaussée (Brière)	temps	réseau
	LA CHAUSSEE	BES04	TP03					S16 ou R1?	Canal de la Chaussée (Brière)	temps	bâche
	LA GARE	BES09	TP04					R1		temps	bâche
	LA JANVRAIS	BES10	TP05					R1		temps	bâche
	PONT NEUF	BES11	TP06					R1		temps	bâche
	STEP LE GROS CHENE	BES17	TP07					A2		Pas de suivi	Bâche
Donges	STEP Gare	DON01BT	TP08					A5		débit	bassin tampon
	TRELAGOT	DON06	TP09					R1		temps	bâche
	JULES VERNE	DON07	TP10					R1	Brière	temps	bâche
	LES COTS PRES	DON09	TP11					R1		temps	bâche
	QUARANTAINE	DON10	TP12					R1	Brière	temps	bâche
	LES SIX CROIX	DON11	TP13					R1		temps	bâche
	LA GRAVIERE	DON12	TP14					R1		temps	bâche
La Chapelle-des-Marais	LA MARTINIERE	DON13	TP15					R1		temps	bâche
	ZAC PERRIERES	CHA02	TP16					R1		temps	regard amont
	BE	CHA03	TP17					R1	Canal de la Boulaie (Brière)	temps	bâche
	GUE	CHA06	TP18					R1	Canal de la Boulaie (Brière)	temps	bâche
	CROIX GOURNAT	CHA07	TP19					R1	Canal de la Boulaie (Brière)	temps	bâche
Montoir de Bretagne	MAYUN SUD	CHA10	TP20					R1		temps	bâche
	LA TORSE	MOB16	TP21			5000		A1	fossé vers le Brivet	débit	bassin tampon
	GRON	MOB50	D10				55500	A2	collecteur EP puis Brivet	débit	Amont PR
Pornichet	GRON	MOB50	TP22				55500	A5	collecteur EP puis Brivet	débit	bassin tampon
	PETIT CANON	POR1	TP23					R1		temps	bâche
Saint-André-des-Eaux	LUCIE	POR11	TP24					A1		temps	réseau
	BERNOGUEN	AND01	TP25					R1		temps	bâche
	LE CHATELIER	AND02	TP26					R1	Brière	temps	bâche
	LA CURE	AND03	TP27					R1	réseau EP	temps	regard amont
	CONZILLON	AND06	TP28					R1		temps	bâche
	KERMEANS	AND07	TP29					R1		temps	bâche
REZAC	AND08	TP30					R1	Brière	temps	bâche	

Annexe 21 : Liste des ouvrages de déversement sur la CARENE (partie 1)

Localisation		Identifiant PR	Identifiant TP	Flux polluant transitant en temps sec				Code SANDRE	Milieu récepteur	Mesure	Localisation (bâche ou regard)
Commune	Nom			<500	500 à 2 000	2 000 à 10 000	> 10 000				
Saint-Joachim	BRECUN	JOA6	TP31					R1		temps	bâche
	MILLAUD	JOA11	TP32					R1		temps	bâche
	FEDRUN N286	JOA12	TP33		750			R1		temps	regard amont
Saint-Malo-de-Guersac	LE PIN	MAG6	TP34					R1		temps	bâche
	CROSMAN	MAG7	TP35			5600		A1	fossé vers le Brivet	débit	bassin tampon
	PETITE BRIERE	MAG11	TP36			3500		A1	lagunes	débit et temps	regard amont
Trignac	CENTRE	TRI01	TP37			3500		R1	Réseau EP vers le Brivet	débit	bâche
	AUCHAN	TRI15	TP38		1700			R1		temps	regard amont
	CERTE	TRI16	TP39					R1		temps	regard amont
Saint-Nazaire	VILLES MARTIN	SNA1	D1					A1	collecteur vers estuaire	débit	regard amont
	HALTE DE MEAN	SNA4	TP40			8500		A1	vers le Brivet	temps	bâche
	PORCE	SNA6	TP41					A1	fossé vers estuaire	temps	regard amont
	DELACROIX	SNA8	TP42					R1		temps	bâche
	BOUGAINVILLE	SNA11	TP43				18000	A1	réseau EP vers canal de la Belle Hautière	temps	5eme regard Amont PR
	CROIX DE MEAN	SNA12	D12				29300	A1	réseau EP vers le Brivet	débit	Amont PR
	BRAIS	SNA20	TP44					R1	vers Brivet	temps	bâche
	SAUTRON	SNA50	D2					A1	collecteur EP vers estuaire	débit	Amont PR
	SAUTRON	SNA50	TP45					A1	collecteur EP vers estuaire	débit	bassin tampon
STEP ECOSSIERNES	-	TP46					A5		débit	bâche d'arrivée	

Annexe 22 : Liste des ouvrages de déversement sur la CARENE (partie 2)

Commune		BESNE						
Poste de refoulement lié au trop plein		BES01 STEP Le Tillon (BT)	BES03 La Haumonnais	BES04 La Chaussée	BES09 La Gare	BES10 La Janvrais	BES11 Pont Neuf	BES17 STEP Le Gros Chene
Identifiant du trop plein		TP01	TP02	TP03	TP04	TP05	TP06	TP07
Flux polluant transitant en temps sec (EH)		2 000 à 10 000	<500	500 à 2 000	<500	<500	<500	<500
Type de capteur de métrologie		débit	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	Pas de suivi
Surverses Temps sec	Surverse: OUI/NON	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	
	Nombre de surverse 2013		2	9	0	0	0	
	Nombre de surverse 2014	0					2	
	Nombre de surverse 2015	0					0	
	Nombre de surverse 2016	0	10	2	4	5	1	
	Nombre de surverse 2017	0	3	2	3	0	9	
	Débit déversé cumulé (m³)	0	-	-	-	-	-	
	Durée de déversement cumulée (heures)	-	28	29	30	1	27	
Observations		pannes PR	pannes PR	pannes PR	pannes PR	pannes PR		
Surverses Temps de pluie	Surverse: OUI/NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	
	Nombre de surverse 2013		0	0	0	0	0	
	Nombre de surverse 2014	0					0	
	Nombre de surverse 2015	0					0	
	Nombre de surverse 2016	0	0	0	0	0	0	
	Nombre de surverse 2017	0	0	0	0	0	0	
	Débit déversé cumulé (m³)	0	-	-	-	-	-	
	Durée de déversement cumulée (heures)	-	0	0	0	0	0	
	Seuil de surverse (mm de pluie)	été : >37.6 hiver : >34.3	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >37.6 hiver : >35.6
Fréquence ou occurrence des surverses (mois)	>1 an	>1 an	>1 an	>1 an	>1 an	>1 an	>1 an	
Observations								

Annexe 23 : Résultats d'analyse des surverses sur la commune de Besné

Commune		DONGES								
Poste de refoulement lié au trop plein		DON01 STEP Donges Gare		DON06 Trelagot	DON07 Jules Verne	DON09 Les Cots Prés	DON10 Quarantaine	DON11 Les Six Croix	DON12 Gravière	DON13 La Martinière
Identifiant du trop plein		TP08		TP09	TP10	TP11	TP12	TP13	TP14	TP15
Flux polluant transitant en temps sec (EH)		2 000 à 10 000		500 à 2 000	<500	<500	<500	<500	<500	<500
Type de capteur de métrologie		durée de surverse	débitmètre	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse
Surverses Temps sec	Surverse: OUI/NON	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	OUI
	Nombre de surverse 2013	25	0	5	0	0	0	0	0	1
	Nombre de surverse 2014	0	42	14						1
	Nombre de surverse 2015	16	0							0
	Nombre de surverse 2016	0	0	4	0	0	0	0	0	0
	Nombre de surverse 2017	5	0	16	0	0	0	0	0	1
	Débit déversé cumulé (m³)	-	49968	-	-	-	-	-	-	-
	Durée de déversement cumulée (heures)	481	-	136	0	0	0	0	0	3
Observations	effet ressuyage		effet ressuyage pannes PR							
Surverses Temps de pluie	Surverse: OUI/NON	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	NON	NON
	Nombre de surverse 2013	13	0	0	0	0	0	0	0	0
	Nombre de surverse 2014	5	22	1						0
	Nombre de surverse 2015	5	0							0
	Nombre de surverse 2016	28	28	0	0	0	0	0	0	0
	Nombre de surverse 2017	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Débit déversé cumulé (m³)	-	47565	-	-	-	-	-	-	-
	Durée de déversement cumulée (heures)	480	-	15	0	0	0	0	0	0
	Seuil de surverse (mm de pluie)	été : >27.4	hiver : 8.8	été : >37.6 hiver : 34.3	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : >35.6	été : >37.6 hiver : >35.6
	Fréquence ou occurrence des surverses (mois)	été : >3 mois	hiver : 0.5 mois	1 an	>1 an	>1 an	>1 an	>1 an	>1 an	>1 an
Observations										

Annexe 24 : Résultats d'analyse des surverses sur la commune de Donges

Commune		LA CHAPELLE DES MARAIS					MONTROI DE BRETAGNE		
Poste de refoulement lié au trop plein		CHA02 ZAC Perrières	CHA03 Bé	CHA06 Gué	CHA07 Croix Gournat	CHA10 Mayun Sud	MOB16 La Torse	MOB50 Ancienne STEP Gron (BT)	MOB50 Ancienne STEP Gron (D10)
Identifiant du trop plein		TP16	TP17	TP18	TP19	TP20	TP21	TP22	D10
Flux polluant transitant en temps sec (EH)		<500	500 à 2 000	<500	<500	<500	5 000	55 500	55 500
Type de capteur de métrologie		durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	débitmètre	débitmètre	débitmètre
Surverses Temps sec	Surverse: OUI/NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
	Nombre de surverse 2013	0	1	3	3		0	0	8
	Nombre de surverse 2014	0	7	0	0	11	12	0	1
	Nombre de surverse 2015	2				3	7	2	1
	Nombre de surverse 2016	0	1	1	0	9	1	1	0
	Nombre de surverse 2017	1	0	0	0	3	1	0	0
	Débit déversé cumulé (m³)	-	-	-	-	-	1521	201	15200
	Durée de déversement cumulée (heures)	3	40	6	1	103	-	-	-
Observations						effet ressuyage		pannes PR ?	
Surverses Temps de pluie	Surverse: OUI/NON	NON	OUI	NON	NON	OUI	OUI	OUI	OUI
	Nombre de surverse 2013	0	0	0	0		13	1	6
	Nombre de surverse 2014	0	1	0	0	7	13	8	2
	Nombre de surverse 2015	0				0	0	3	0
	Nombre de surverse 2016	0	0	0	0	5	12	9	1
	Nombre de surverse 2017	0	0	0	0	0	1	0	0
	Débit déversé cumulé (m³)	-	-	-	-	-	7467	19540	4861
	Durée de déversement cumulée (heures)	0	14	0	0	66	-	-	-
	Seuil de surverse (mm de pluie)	été : >37.6 hiver : >35.6	été : >37.6 hiver : 34.3	été : >37.6 hiver : >35.6	été : >37.6 hiver : >35.7	été : 27,4 hiver : 13.8	été : > 37.6 hiver : 15	été : 27,4 hiver : 24	été : >37.6 hiver : 25.8
	Fréquence ou occurrence des surverses (mois)	>1 an	été : >1 an hiver : 1 an	>1 an	>1 an	été : 3 mois hiver : 0,5 mois	été : >1 an hiver : 1 mois	3 mois	été : >1 an hiver : 3 mois
Observations									

Commune		PORNICHET		SAINT ANDRE DES EAUX					
Poste de refoulement lié au trop plein		POR01 Petit Canon	POR11 Lucie	AND01 Bernoguen	AND02 Le Chatelier	AND03 La Cure	AND06 Conzillon	AND07 Kermeans	AND08 Rezac
Identifiant du trop plein		TP23	TP24	TP25	TP26	TP27	TP28	TP29	TP30
Flux polluant transitant en temps sec (EH)		<500	500 à 2 000	<500	500 à 2 000	500 à 2 000	<500	<500	<500
Type de capteur de métrologie		durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse
Surverses Temps sec	Surverse: OUI/NON	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	OUI
	Nombre de surverse 2013		0				0	1	3
	Nombre de surverse 2014	0							1
	Nombre de surverse 2015	0							
	Nombre de surverse 2016	0	4	4	7	6	0	0	1
	Nombre de surverse 2017	0	11	2	11	0	0	0	4
	Débit déversé cumulé (m³)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Durée de déversement cumulée (heures)	0	7	43	44	82	0	1	8
Observations				effet ressuyage	effet ressuyage				
Surverses Temps de pluie	Surverse: OUI/NON	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	NON	OUI
	Nombre de surverse 2013		1				5	0	6
	Nombre de surverse 2014	0							0
	Nombre de surverse 2015	0							
	Nombre de surverse 2016	0	1	0	3	7	0	0	6
	Nombre de surverse 2017	0	0	0	1	0	0	0	0
	Débit déversé cumulé (m³)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Durée de déversement cumulée (heures)	0	8	0	62	75	0	0	65
	Seuil de surverse (mm de pluie)	été : >37.6 hiver : >25.8	été : >27,4 hiver : 25,8	été : >27,4 hiver : >25,8	été : 27,4 hiver : 26	été : 27.4 hiver : 26	été : >27,4 hiver : 27.5	été : >27,4 hiver : >35.6	été : >27.4 hiver : 18
	Fréquence ou occurrence des surverses (mois)	été : >2 ans hiver : >3 mois	été : >3 mois hiver : 3 mois	>3 mois	3 mois	3 mois	été : >3 mois hiver : 3 mois	>1 an	été : >3 mois hiver : 1 mois
Observations									

Annexe 26 : Résultats d'analyse des surverses sur les communes de Pornichet et Saint-André-des-Eaux

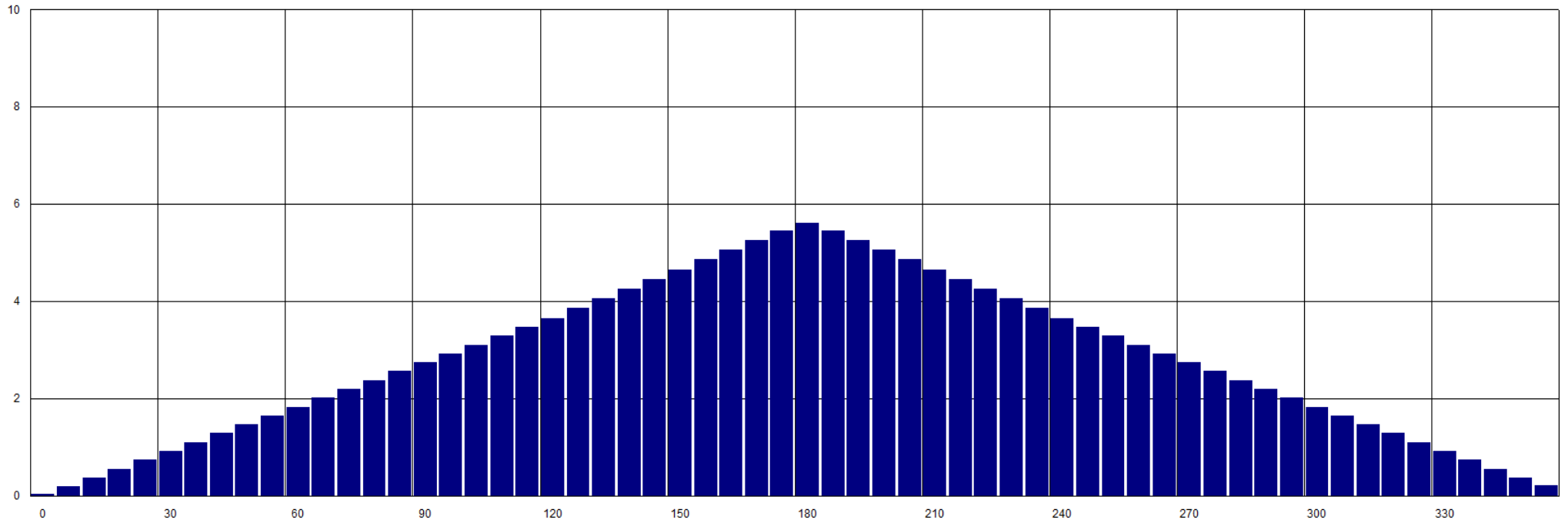
Commune		SAINT NAZAIRE									
Poste de refoulement lié au trop plein		SNA01 Villes Martin	SNA04 Halte du Méan	SNA06 Porcé	SNA08 Delacroix	SNA11 Bougainville	SNA12 Croix de Méan	SNA20 Brais	SNA50 Sautron (BT)	SNA50 Sautron (D2)	STEP Ecossiernes
Identifiant du trop plein		D1	TP40	TP41	TP42	TP43	D12	TP44	TP45	D2	TP46
Flux polluant transitant en temps sec (EH)		2 000 à 10 000	8 500	2 000 à 10 000	<500	18 000	29 300	2 000 à 10 000	>10 000	>10 000	>10 000
Type de capteur de métrologie		débitmètre	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse	durée de surverse et débitmètre	durée de surverse	débitmètre	débitmètre	débitmètre
Surverses Temps sec	Surverse: OUI/NON	OUI	NON	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
	Nombre de surverse 2013	1	0	0	2	0	0	3	3	4	3
	Nombre de surverse 2014	0	0	0	2	3	0	15	0	0	0
	Nombre de surverse 2015	0	0	0		0	0	0	0	0	2
	Nombre de surverse 2016	2	0	0	2	0	0	0	1	0	2
	Nombre de surverse 2017	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	Débit déversé cumulé (m³)	56	-	-	-	-	71	-	3203	201	226
	Durée de déversement cumulée (heures)	-	0	0	1	2	2	48	-	-	-
Observations							effet ressuyage	effet ressuyage	effet ressuyage	dysfonctionnement?	
Surverses Temps de pluie	Surverse: OUI/NON	NON	NON	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	NON
	Nombre de surverse 2013	0	0	0	0	0	1	5	17	7	0
	Nombre de surverse 2014	0	0	0	0	0	0	0	29	19	0
	Nombre de surverse 2015	0	0	0		0	0	0	0	7	0
	Nombre de surverse 2016	1	0	0	1	0	0	15	15	16	0
	Nombre de surverse 2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Débit déversé cumulé (m³)	0	-	-	-	-	-	-	117059	25083	0
	Durée de déversement cumulée (heures)	-	0	0	1	0	2	360	-	-	-
	Seuil de surverse (mm de pluie)	été : 27.4	été : >37.6 hiver : >35.7	été : >37.6 hiver : >35.8	été : 27.4	été : >37.6 hiver : >35.7	été : 27.4	été : >37.6 hiver : 10	été : 27.4 hiver : 10	été : 27,4 hiver: 10	été : >37.6 hiver : >35.8
	Fréquence ou occurrence des surverses (mois)	3 mois	>1 an	6 mois	3 mois	3 mois	3 mois	été : >1 an hiver 0.5 mois	été : 3 mois hiver : 0.5 mois	été : 3 mois hiver : 0,5 mois	>1 an
Observations			1 surverse le 24/02/16 de 31.6 mm		saturation le 07/01/16, 26 mm consécutif à 11 mm	nombreux dysfonctionnements capteurs					

Annexe 27 : Résultats d'analyse des surverses sur la commune de Saint-Nazaire

Commune		TRIGNAC		
Poste de refoulement lié au trop plein		TRI01 Trignac Centre	TRI15 Auchan	TRI16 Certe
Identifiant du trop plein		TP37	TP38	TP39
Flux polluant transitant en temps sec (EH)		3 500	1 700	<500
Type de capteur de métrologie		débitmètre	durée de surverse	durée de surverse
Surverses Temps sec	Surverse: OUI/NON	OUI	OUI	OUI
	Nombre de surverse 2013	14	2	7
	Nombre de surverse 2014	31	0	2
	Nombre de surverse 2015	7		
	Nombre de surverse 2016	2	9	6
	Nombre de surverse 2017	5	3	0
	Débit déversé cumulé (m³)	11045	-	-
	Durée de déversement cumulée (heures)	-	30	113
Observations	effet ressuyage		pannes PR	
Surverses Temps de pluie	Surverse: OUI/NON	OUI	NON	NON
	Nombre de surverse 2013	32	0	0
	Nombre de surverse 2014	35	0	0
	Nombre de surverse 2015	9		
	Nombre de surverse 2016	18	0	0
	Nombre de surverse 2017	7	0	0
	Débit déversé cumulé (m³)	63243	-	-
	Durée de déversement cumulée (heures)	-	0	0
	Seuil de surverse (mm de pluie)	été : 27,4 hiver : 10	été : >37.6 hiver : >35.6	été : >37.6 hiver : >35.6
	Fréquence ou occurrence des surverses (mois)	été : 3 mois hiver : 0,5 mois	>1 an	>1 an
Observations				

Annexe 28 : Résultats d'analyse des surverses sur la commune de Trignac

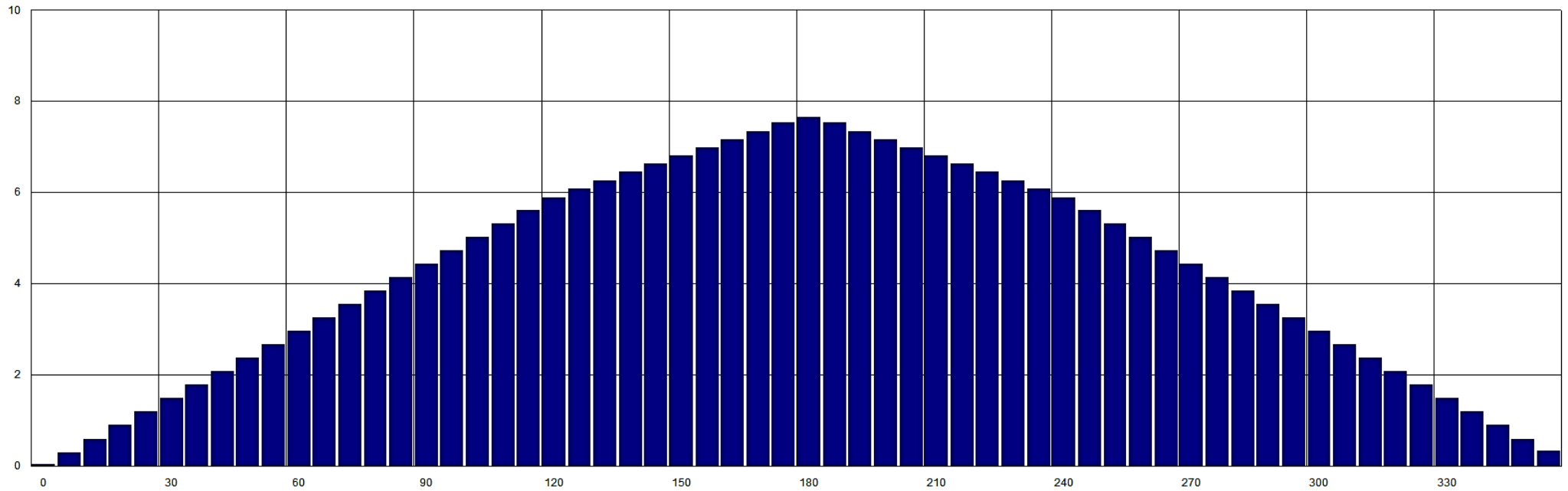
Hyétogramme de la pluie Projet: mensuelle de durée 6h



Pas (mn) 6 Durée (mn) 360 I_{max} (mm/h) 6 I_{max/2h} (mm/h)4.6 H. tot (mm) 16.6

Annexe 29 : Hyétogramme de la pluie de projet mensuelle sur le logiciel CANOE

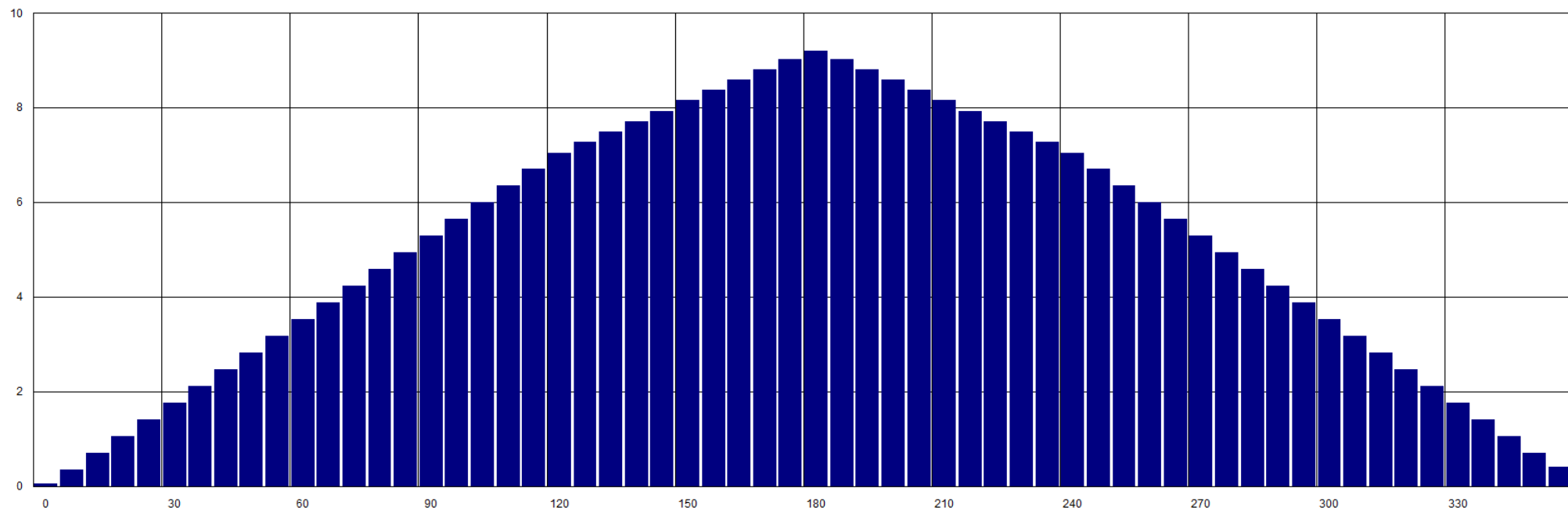
Hyétogramme de la pluie Projet: trimestrielle de durée 6h



Pas (mn) 6 Durée (mn) 360 I_{max} (mm/h) 8 I_{max/2h} (mm/h) 6.8 H. tot (mm) 25.4

Annexe 30 : Hyétogramme de la pluie de projet trimestrielle sur le logiciel CANOE

Hyétogramme de la pluie Projet: semestrielle de durée 6h



Pas (mn) 6 Durée (mn) 360 I_{max} (mm/h) 9 I_{max/2h} (mm/h) 8.1 H. tot (mm) 30.4

Annexe 31 : Hyétogramme de la pluie de projet semestrielle sur le logiciel CANOE

